



SKRIPSI – ME141501

**ANALISA PERFORMA, PEMBAKARAN DAN EMISI DARI GASOLINE
COMPRESSION IGNITION (GCI) ENGINE BERBAHAN BAKAR
CAMPURAN DARI PERTAMAX DAN DEXLITE**

Pravensa Dastioaji
04211440000077

Dosen Pembimbing I :
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D
1979 0319 2008 01 1008

Dosen Pembimbing II :
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D
1956 0519 1986 10 1001

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

“Halaman Sengaja Dikosongkan”



THESIS – ME141501

**ANALYSIS OF PERFORMANCE, COMBUSTION PROCESS AND
EMISSION OF GASOLINE COMPRESSION IGNITION (GCI) ENGINE
FUELED FROM DEXLITE MIXED WITH PERTAMAX**

Pravensa Dastioaji
0421144000077

Academic Supervisor I :
Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D
1979 0319 2008 01 1008

Academic Supervisor II :
Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D
1956 0519 1986 10 1001

**MARINE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisa Performa, Pembakaran Dan Emisi Dari Gasoline Compression Ignition
(GCI) Engine Berbahan Bakar Campuran Dari Pertamina Dan Dexlite**

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Power Plant (MPP) Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem
Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

Pravensa Dastioaji
NRP. 0421 1440 000 077

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

Dosen Pembimbing



Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D

1979 0319 2008 01 1008

Dosen Pembimbing



Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah,
M.Eng, Ph.D

1956 0519 1986 10 1001

Surabaya
Juli, 2018

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

**Analisa Performa, Pembakaran Dan Emisi Dari Gasoline Compression Ignition
(GCI) Engine Berbahan Bakar Campuran Dari Pertamina Dan Dexlite**

Skripsi

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan
memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Power Plant (MPP) Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem
Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh:

Pravensa Dastioaji

NRP. 0421 1440 000 077

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan :



Surabaya
Juli, 2018

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Analisa Performa, Pembakaran Dan Emisi Dari Gasoline Compression Ignition (GCI) Engine Berbahan Bakar Campuran Dari Pertamina Dan Dexlite

Nama Mahasiswa : Pravensa Dastioaji
NRP : 4211440000077
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : Beny Cahyono ST., MT., Ph.D.

ABSTRAK

Percobaan tentang analisa terhadap *gasoline compressed ignition* (GCI) engine dilakukan secara eksperimen dengan menggunakan bahan bakar dari campuran Pertamina sebanyak 5% dan 10 % serta Dexlite. Eksperimen dilakukan pada mesin diesel, *naturally aspirated*, 2 valves SOHC, 493 cc. Hasil dari eksperimen menunjukkan bahwa ada kenaikan serta penurunan dari performa pada tiap putaran mesin. Pada analisa pembakaran, dengan semakin tinggi nilai kandungan dari Pertamina maka dapat meningkatkan nilai *combustion pressure* pada ruang bakar serta dapat menambah *ignition delay* dan dapat meningkatkan nilai dari *peak of heat release* yang dihasilkan dari bahan bakar ini. Emisi dari NO_x dapat berkurang dengan semakin banyak campuran Pertamina ditambah dengan penggunaan *Intake air heater* pada suhu 65°C, namun emisi CO dan HC terus bertambah akibat adanya bahan bakar yang tidak terbakar dengan sempurna.

Kata kunci : GCI, *intake air heater*, performa, Analisa Pembakaran, Emisi, NO_x, CO, HC

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

Analysis Of Performance, Combustion Process And Emission Of Gasoline Compression Ignition (GCI) Engine Fueled From Dexlite Mixed With Pertamina

Name : Pravensa Dastioaji
Registered Number : 04211440000077
Department : Marine Engineering
Advisor : Beny Cahyono ST., MT., Ph.D.

ABSTRACT

Experiments on the analysis of the gasoline compression ignition engine (GCI) were conducted experimentally using fuel from a mixture of Pertamina of 5% and 10% and Dexlite. Experiments were conducted on diesel engines, naturally aspirated, 2 SOHC valves, 493 cc. The results of the experiments show that there is an increase and decrease of performance on each engine rotational speed. In the combustion analysis, with higher contents of Pertamina it can increase the combustion pressure value in the combustion chamber and can increase ignition delay and may increase the value of the peak of heat release produced from this fuel. The NO_x emission can be reduced with more Pertamina contents in fuel combined with the use of Intake air heater at 65°C, but CO and HC emissions continue increase due to unburnt fuel.

Keywords : GCI, intake air heater, Performance, Combustion Analysis, Emission, NO_x, CO, HC

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah S.W.T berkat limpahan rahmat, hidayah dan bimbingan-Nya sehingga skripsi dengan judul **“Analisa Performa, Pembakaran Dan Emisi Dari Gasoline Compression Ignition (GCI) Engine Berbahan Bakar Campuran Dari Pertamina Dan Dexlite”** dapat diselesaikan dengan baik dan lancar.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan doa berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua serta kakak penulis, Budi Ismail, Kriswidiyanti A., Prita Dyah Adhanti, Prabudandy Ari Y. yang tiada hentinya mendukung penulis serta memberikan doa dan masukan serta dukungan baik secara moral maupun material kepada penulis.
2. Bapak Beny Cahyono, ST., MT., Ph.D. serta Bapak Ir. Aguk Zuhdi Muhammad Fathallah, M.Eng., Ph.D., yang selalu mengarahkan, membimbing dan memotivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST. MT selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan.
4. Bapak Ir. Tony Bambang Musriyadi, PGD, MMT., selaku dosen wali yang selalu memberikan semangat dan motivasi untuk menyelesaikan perkuliahan ini,
5. Bapak Nur selaku teknisi Laboratorium Marine Power Plant yang telah membantu penulis dalam persiapan pra eksperimen hingga eksperimen selesai.
6. Teman-teman “Marine Power Plant Laboratory” yang selalu menemani penulis mengerjakan di laboratorium maupun di warung kopi.
7. Kawan seperjuangan dan seangkatan Mercusuar’14 yang selalu mendukung mencetak pola pikir terdepan hingga penulis mampu menyelesaikan skripsi dengan baik dan lancar.
8. Teman-teman Perumhol yang tiada henti-hentinya selalu menghibur penulis dan memberikan arahan yang baik
9. Tim “Hura” Reggi, Bayu, Linggar, Afif, Hanifan, Wafiq yang selalu setia selama penulis membutuhkan bantuan dalam proses pengerjaan.
10. Amira Sarah Maretta, yang selalu tabah, mengingatkan kesehatan dan memberikan motivasi kepada penulis.
11. Para Penghuni kosan City Home Regency N-2 Faris dan Audy, yang selalu setia untuk membangunkan ketika pagi.
12. Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari pula bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu perlunya saran dan masukan demi membangun kebaikan dan kemajuan skripsi ini. Akhir kata semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi yang membutuhkannya, amin.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Permasalahan.....	2
1.4 Tujuan Permasalahan.....	3
1.5 Manfaat Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	9
3.1 Identifikasi & Perumusan Masalah.....	10
3.2 Studi Literatur	10
3.3 Pra Eksperimen	10
3.3.1 Persiapan Bahan Bakar	10
3.3.2 Engine Set Up.....	10
3.4 Eksperimen	11
3.4.1 Uji Performa	11
3.4.2 Uji Pembakaran.....	12
3.4.3 Uji Emisi (Kadar NO _x , CO dan HC).....	12
3.5 Pengumpulan Data	13
3.6 Analisa dan Pembahasan	13
3.7 Kesimpulan dan Saran.....	13
BAB IV HASIL DAN ANALISA	15

4.1	Analisa Performa Motor Dieser dengan Bahan Bakar Dexlite, P05 dan P010	15
4.1.1	Analisa Performa Motor Diesel dengan Bahan Bakar Dexlite.....	15
4.1.2	Analisa Performa Motor Diesel dengan Bahan Bakar P05	16
4.1.3	Analisa Performa Motor Diesel dengan Bahan Bakar P05 menggunakan <i>Intake Air Heater</i>	17
4.1.4	Analisa Performa Motor Diesel dengan Bahan Bakar P10	18
4.1.5	Analisa Performa Motor Diesel dengan Bahan Bakar P10 menggunakan <i>Intake Air Heater</i>	19
4.1.6	Perbandingan Daya <i>Full Load</i> dengan RPM pada Variasi Campuran Bahan Bakar Dexlite, P05, dan P10	20
4.1.7	Perbandingan Torsi Maksimum dengan RPM pada Variasi Campuran Bahan Bakar Dexlite, P05, dan P10	21
4.1.8	Perbandingan BMEP dengan RPM pada Variasi Campuran Bahan Bakar Dexlite, P05, dan P10	22
4.2	Analisa Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i>	23
4.2.1	Analisa <i>Combustion Pressure</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 25%	23
4.2.2	Analisa <i>Combustion Pressure</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 50%	24
4.2.3	Analisa <i>Combustion Pressure</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 75%	25
4.2.4	Analisa <i>Combustion Pressure</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 100%	26
4.2.5	Analisa <i>Rate of Heat Release</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 25%	27
4.2.6	Analisa <i>Rate of Heat Release</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 50%	28

4.2.7	Analisa <i>Rate of Heat Release</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 75%	29
4.2.8	Analisa <i>Rate of Heat Release</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 100%	30
4.2.9	Analisa <i>Heat Release</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 25% ..	31
4.2.10	Analisa <i>Heat Release</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 50% ..	32
4.2.11	Analisa <i>Heat Release</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 75% ..	33
4.2.12	Analisa <i>Heat Release</i> Motor Diesel Berbahan Bakar Campuran Dexlite dan Pertamina dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 100%	34
4.2.13	Analisa Knocking pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05, dan P10 dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 25%	35
4.2.14	Analisa Knocking pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05, dan P10 dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 50%	36
4.2.15	Analisa Knocking pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05, dan P10 dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 75%	37
4.2.16	Analisa Knocking pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05, dan P10 dengan <i>Intake Air Heater</i> pada Beban 100%	38
4.2.17	Analisa <i>Peak of Knocking</i> pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05, dan P10 dengan <i>Intake Air Heater</i>...	39
4.2.18	Ignition Delay pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05, dan P10 dengan <i>Intake Air Heater</i>	40
4.3	Kandungan Emisi pada Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05, dan P10 dengan <i>Intake Air Heater</i>	41
4.3.1	Kandungan NOx pada Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05, dan P10 dengan Penambahan <i>Intake Air Heater</i>	42
4.3.2	Kandungan HC pada Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05, dan P10 dengan Penambahan <i>Intake Air Heater</i>	43

4.3.3	Kandungan CO pada Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05, dan P10 dengan Penambahan <i>Intake Air Heater</i>	44
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	.....	49
LAMPIRAN I	.....	51
LAMPIRAN II	.....	53
LAMPIRAN III	.....	58
LAMPIRAN IV	.....	61
LAMPIRAN V	.....	65
LAMPIRAN VI	.....	67
LAMPIRAN VII	.....	67
LAMPIRAN VII	.....	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Cylinder Pressure</i>	6
Gambar 2.2 <i>Thermal Efficiency</i>	7
Gambar 2.3 Tabel Emisi	7
Gambar 2.4 <i>Engine Set-up</i>	11
Gambar 4.1 Performasi <i>SFOC</i> dengan <i>Power</i> Bahan Bakar Dexlite pada Temperatur <i>Ambient</i>	15
Gambar 4.2 Performasi <i>SFOC</i> dengan <i>Power</i> Bahan Bakar P05 pada Temperatur <i>Ambient</i>	16
Gambar 4.3 Performasi <i>SFOC</i> dengan <i>Power</i> Bahan Bakar P05 pada Temperatur Kontrol 65°C	17
Gambar 4.4 Performasi <i>SFOC</i> dengan <i>Power</i> Bahan Bakar P10 pada Temperatur <i>Ambient</i>	18
Gambar 4.5 Performasi <i>SFOC</i> dengan <i>Power</i> Bahan Bakar P10 pada Temperatur Kontrol 65°C	19
Gambar 4.6 Performasi <i>Power</i> Maksimum dengan RPM pada Variasi Campuran Bahan Bakar Dexlite, P05, dan P10	20
Gambar 4.7 Perbandingan <i>Torque</i> Maksimum dengan RPM pada Variasi Campuran Bahan Bakar Dexlite, P05, dan P10	21
Gambar 4.8 Perbandingan BMEP dengan RPM pada <i>Power</i> Maksimum	22
Gambar 4.9 Grafik <i>Combustion Pressure</i> pada RPM 2200 dengan Beban 25%	23
Gambar 4.10 Grafik <i>Combustion Pressure</i> pada RPM 2200 dengan Beban 50% ..	24
Gambar 4.11 Grafik <i>Combustion Pressure</i> pada RPM 2200 dengan Beban 75% ..	25
Gambar 4.12 Grafik <i>Combustion Pressure</i> pada RPM 2200 dengan Beban 100% ..	26
Gambar 4.13 Grafik <i>Rate of Heat Release</i> pada RPM 2200 dengan Beban 25% ...	27
Gambar 4.14 Grafik <i>Rate of Heat Release</i> pada RPM 2200 dengan Beban 50% ...	28
Gambar 4.15 Grafik <i>Rate of Heat Release</i> pada RPM 2200 dengan Beban 75% ...	29
Gambar 4.16 Grafik <i>Rate of Heat Release</i> pada RPM 2200 dengan Beban 100% ..	30
Gambar 4.17 Grafik <i>Heat Release</i> pada RPM 2200 dengan Beban 25%	31
Gambar 4.18 Grafik <i>Heat Release</i> pada RPM 2200 dengan Beban 50%	32
Gambar 4.19 Grafik <i>Heat Release</i> pada RPM 2200 dengan Beban 75%	33
Gambar 4.20 Grafik <i>Heat Release</i> pada RPM 2200 dengan Beban 100%	34

Gambar 4.21 Grafik <i>Knock Detection</i> pada RPM 2200 dengan Beban 25%	35
Gambar 4.22 Grafik <i>Knock Detection</i> pada RPM 2200 dengan Beban 50%	36
Gambar 4.23 Grafik <i>Knock Detection</i> pada RPM 2200 dengan Beban 75%	37
Gambar 4.24 Grafik <i>Knock Detection</i> pada RPM 2200 dengan Beban 100%	38
Gambar 4.25 Grafik <i>Peak of Knocking</i> pada RPM 2200 dengan Variasi Beban ...	39
Gambar 4.26 Grafik <i>Ignition Delay</i> pada RPM 2200 dan Variasi Beban	40
Gambar 4.27 Diagram Batang Kadar NO_x pada RPM 2200 dan Variasi Beban ..	42
Gambar 4.28 Diagram Batang Kadar HC pada RPM 2200 dan Variasi Beban	43
Gambar 4.29 Diagram Batang Kadar CO pada RPM 2200 dan Variasi Beban	44

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Fuel Properties</i>.....	5
Tabel 3.1 <i>MARPOL Annex VI, Appendix II Test Cycle</i>.....	13

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Belakangan ini, GCI (Gasoline Compression Ignition) dipertimbangkan sebagai konsep yang cukup menjanjikan dalam menghasilkan efisiensi thermal yang tinggi dan rendah emisi (K.D Rose, 2014). Walaupun Homogeneous charge compression ignition (HCCI) dan Premixed Charge Compression Ignition (PCCI) juga menawarkan proses pembakaran yang merata dalam kondisi *lean*, namun akibat dari kesulitan mengontrol proses *auto-ignition* dari proses HCCI dan *fuel system* yang rumit sehingga membuat konsep GCI lebih mudah untuk dipelajari (Zhong S, 2005). GCI dengan sistem *dual-fuel* merupakan sebuah konsep baru yang sudah menunjukkan potensi yang lebih baik dibanding HCCI dan PCCI, serta konsep GCI dapat menerapkan *Low Temperature Combustion* (LTC) dengan lebih mudah. (Putrasari, 2017).

Low Temperature Combustion (LTC) dapat menghasilkan reduksi yang besar terhadap NO_x dan *particulate matter* (PM) dengan mengubah beberapa properti dari bahan bakar seperti menurunkan *cetane number* dan meningkatkan *volatility*. (Yang B, 2012) serupa dengan konsep GCI maka dengan meningkatnya *Ignition Delay* dari bahan bakar bensin oktan tinggi memungkinkan untuk melakukan mixing yang lebih baik antara bahan bakar dan udara sehingga efisiensi termal dapat meningkat dan menghasilkan NO_x dan *soot* yang lebih rendah (Yang B, 2012)

Dengan mempertimbangkan ini para ilmuwan telah berkerja secara konsisten dalam mengembangkan mesin GCI, contohnya Adam CA (2013) mengidentifikasi dan menghitung efek dari varian input terhadap pengoperasian mesin secara keseluruhan. Varian input yang dimaksud adalah temperatur inlet, tekanan inlet, waktu penginjeksian dan durasi, tekanan injeksi serta variasi dari putaran mesin. Hasilnya berupa bahwa variasi input tersebut dapat dimanipulasi secara efektif untuk menjaga tingkat emisi NO_x yang rendah serta proses pembakaran yang stabil.

Telah diketahui bahwa Start-of Injection (SOI) dapat menghasilkan proses pembakaran yang stabil, diluar dari ini beberapa ilmuwan juga menambahkan penggunaan biodiesel untuk meningkatkan lubrikasi serta kandungan oksigen.

Pengujian penggunaan konsep bahan bakar bensin dengan campuran bahan bakar diesel pada mesin GCI merupakan sebuah pendekatan baru dimana campuran antara bahan bakar beroktan tinggi (Pertamax Turbo) dan bahan bakar diesel (Pertamina Dex) belum digunakan. Serta dengan efisiensi mesin yang menyerupai mesin diesel dan emisi seperti mesin bensin maka percobaan ini sangat menarik untuk dilakukan. Sehingga tujuan utama dari Tugas Akhir ini adalah mengenai Analisa Performa, Pembakaran dan Emisi dari Gasoline Compression Ignition (GCI) Engine Berbahan Bakar Campuran dari Pertamax dan Dexlite.

1.2 Perumusan Masalah

GCI merupakan pengembangan dari mesin Otto untuk mendapatkan efisiensi termal yang baik serta emisi yang ramah lingkungan. Eksperimen dilakukan untuk membuktikan apakah GCI memiliki potensi lebih baik dibanding mesin Otto maupun mesin Diesel dengan melakukan analisa terhadap Performa, Pembakaran dan Emisi. Oleh karena itu pada penelitian Analisa Performa, Pembakaran dan Emisi dari Gasoline Compression Ignition (GCI) Engine Berbahan Bakar Campuran dari Pertamina dan Dexlite memiliki rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana Performa dari Gasoline Compression Ignition (GCI) Engine yang menggunakan Bahan Bakar campuran dari Pertamina & Dexlite.
2. Bagaimana Proses Pembakaran dari Gasoline Compression Ignition (GCI) Engine yang menggunakan Bahan Bakar campuran dari Pertamina & Dexlite.
3. Bagaimana NO_x, CO dan HC dari Gasoline Compression Ignition (GCI) Engine yang menggunakan Bahan Bakar campuran dari Pertamina & Dexlite.

1.3 Batasan Permasalahan

1. Ruang lingkup analisis proses pembakaran (*Combustion Process*) terdiri atas proses penginjeksian (*Ignition Delay*), tekanan maksimum (*Maximum Pressure*), perubahan energi panas (*Heat Release*) dan knocking (*Knocking*).
2. Penelitian hanya menganalisa emisi berupa kandungan CO, NO_x dan HC.
3. Penelitian hanya menganalisa performa berupa Power (Beban 25%, 50%, 75% dan 100%) Torsi, BMEP dan SFOC.
4. Variabel bahan bakar yang diuji meliputi penggunaan dexlite sebanyak 100% sebagai tolak ukur, dan variasi campuran dexlite dengan Pertamina sebanyak 5% dan 10%.
5. Variasi suhu yang digunakan adalah menggunakan *ambient temperature* dan temperatur kontrol 65°C untuk campuran bahan bakar dexlite dengan Pertamina.
6. Analisis Proses Pembakaran menggunakan alat sensor TMR-Instrument serta SYSMONSoft V2.0.3 sebagai data akuisisi, proses dan analisis.
7. Analisis Performa, Proses Pembakaran dan Emisi dilakukan pada motor Diesel Yanmar TF85-MH yang berada di Laboratorium Marine Power Plant FTK ITS.

1.4 Tujuan Permasalahan

Untuk menjawab semua pertanyaan yang terdapat pada perumusan masalah diatas, penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui performa dari Gasoline Compression Ignition (GCI) Engine yang menggunakan Bahan Bakar campuran dari Pertamina & Dexlite.
2. Untuk mengetahui hasil proses pembakaran dari Gasoline Compression Ignition (GCI) Engine yang menggunakan Bahan Bakar campuran dari Pertamina & Dexlite.
3. Untuk mengetahui emisi yang dihasilkan dari Gasoline Compression Ignition (GCI) Engine yang menggunakan Bahan Bakar campuran dari Pertamina & Dexlite.

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat yang dapat diperoleh dari penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Memberikan informasi mengenai Konsep baru yaitu GCI yang dapat mengurangi emisi serta tetap mempertahankan efisiensi dari mesin Diesel.
2. Memberikan informasi mengenai kelebihan serta kekurangan dari konsep GCI yang menggunakan campuran bahan bakar Pertamina dan Dexlite.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Mesin Diesel mirip dengan mesin bensin, kedua mesin tersebut adalah mesin pembakaran internal yang berarti mesin tersebut membakar campuran bahan bakar dan udara di dalam silinder, keduanya merupakan jenis *reciprocating engine* yang digerakan oleh *piston* secara lateral dengan 2 arah. Walaupun mesin diesel dan bensin sangat mirip namun mesin diesel memiliki kekuatan yang lebih dibandingkan mesin bensin akibat penggunaan material yang dapat menahan gaya-gaya dinamis dari tekanan pembakaran yang lebih tinggi pada mesin diesel. Tekanan pembakaran yang besar adalah hasil dari rasio kompresi yang lebih tinggi pada mesin diesel. Rasio kompresi yang tinggi dapat terjadi karena hanya udara yang ditekan oleh mesin diesel dan setelahnya bahan bakar di injeksikan, ini adalah salah satu factor mesin diesel merupakan mesin yang sangat efisien. (Department Of Energy, Mechanical Science, 1993)

Menurut Putrasari (2017) dengan meningkatkan nilai rasio kompresi dapat menghasilkan *ignition delay* yang lebih lama, sehingga dapat mengatasi masalah dari *auto-ignition* dalam *Gasoline Compression Ignition (GCI) engine*, dengan cara menambahkan bahan bakar diesel kedalam campuran dengan tepat juga dapat meningkatkan performa dari pembakaran pada mesin tersebut.

Auto-ignition dapat terjadi pada kondisi tertentu pada mesin *Spark Ignition (SI)*. Suatu cara untuk mengurangi *knock* pada kondisi ini adalah dengan menggunakan bahan bakar dimana komposisi kimianya tidak lebih rentan terhadap *knock* yaitu dengan bahan bakar yang memiliki nilai *octane rating* (OR) lebih tinggi. Sensivitas (S) dari suatu bahan bakar dapat diukur dari variasi antara *anti-knock performance* tiap bahan bakar selama pengetesan baik secara RON ataupun MON. Nilai S didapat dari selisih nilai antara RON dan MON yang diketahui juga sebagai "*spread*" dengan kata lain sensitivitas bahan bakar menggambarkan bagaimana respon bahan bakar terhadap suhu udara masuk yang lebih tinggi relatif terhadap *iso-octane* dan *n-heptane* serta terhadap detonasi. (Lacey J, 2016) Berikut adalah tabel tentang *fuel properties*

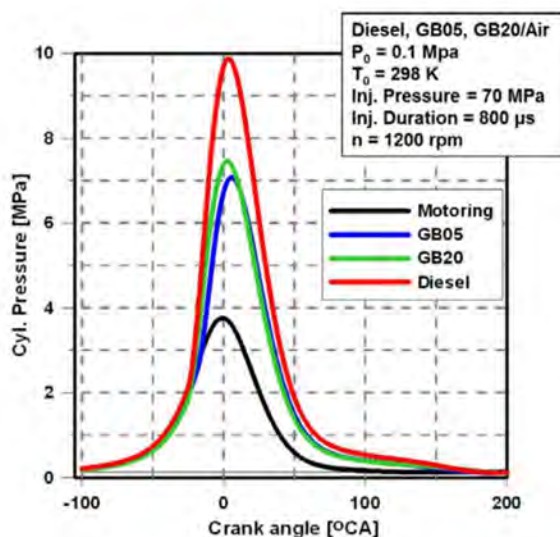
Tabel 2.1 *Fuel Properties* (Lacey J, 2016)

Fuel	RON	MON	Sensitivity	LHV (kJ/kg)	%Vol aromatic	%Vol olefins	%Vol saturates	%Vol ethanol	Reference conditions	
									Injected fuel (mg/cycle)	Intake temp. (°C)
RD3-87	91.9	83.6	8.3	42.992	26.1	4.4	69.6	0	10.0	90
A10	98.4	89.3	9.1	41.479	23.2	0.3	66.8	9.7	10.4	103
B10	88.5	82.1	6.4	41.389	23.8	0.9	65.6	9.7	10.4	87
C10	89.5	80.9	8.6	40.963	37.2	4.2	48.9	9.7	10.5	65
D10	98.1	87.3	10.8	40.945	37.0	3.5	49.8	9.7	10.5	81
E10	98.8	89.5	9.3	42.295	4.0	8.6	77.8	9.7	10.2	100
F10	90.3	82.1	8.2	42.382	3.6	11.7	75.0	9.7	10.1	65
G10	90.4	80.0	10.4	41.920	11.2	22.3	56.8	9.7	10.3	53
H10	99	87.8	11.2	42.253	5.5	15.4	69.4	9.7	10.2	85
MM10	93.5	84.6	8.9	41.657	17.8	7.8	64.7	9.7	10.3	77
B20	90.2	82.4	7.8	39.754	15.9	1.7	62.3	20.1	10.8	60
C20	90.5	81.7	8.8	39.383	28.5	4.3	46.8	20.4	10.9	51
D20	98.3	87.3	11.0	39.076	44.9	4.1	31.4	19.7	11.0	55
F20	90.5	82.0	8.5	40.181	4.1	11.1	64.2	20.6	10.7	56
G20	90.8	80.1	10.7	39.917	7	18.7	53.3	21	10.8	52
H20	98.6	86.7	11.9	40.050	4.6	17.3	57.0	21.2	10.7	64
E100	107	89	18	26.929	0.0	0.0	0.0	100	16.0	71

RON: research octane number; MON: motor octane number; LHV: Lower Heating Value.

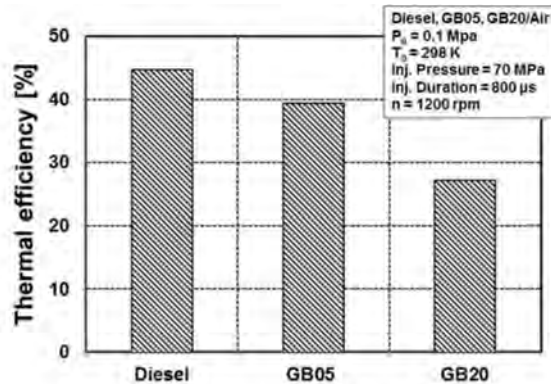
Menurut Wei (2018) ketika waktu penginjeksian bahan bakar semakin dekat dengan *Top Dead Center* (TDC), performa mesin menjadi lebih baik dan didapatkan nilai BMEP yang lebih tinggi serta BSFC yang lebih rendah yang dikarenakan dari proses pembakaran yang superior dan efisiensi pembakaran yang tinggi, namun dalam memajukan waktu penginjeksian menambah intensitas *knock* dan *peak pressure* pada mesin *Gasoline Compression Ignition* (GCI) yang mengindikasikan bahwa pengaturan timing injeksi bahan bakar sangat berpengaruh dalam menyeimbangkan intensitas *knock* serta performa dari mesin.

Indicated Mean Effective Pressure (IMEP) pada *engine* berbahan bakar diesel, GB05 (Gasoline-Biodiesel 5%) dan GB20 (Gasoline-Biodiesel 20%) dapat dilihat pada gambar dibawah. IMEP yang paling tinggi dihasilkan oleh bahan bakar diesel, sedangkan GB05 dan GB20 memiliki nilai yang mirip. IMEP merupakan tekanan rata-rata dari tekanan yang dihasilkan dalam proses pembakaran dari bahan bakar tersebut didalam ruang bakar, dengan menggunakan IMEP maka dapat dihitung nilai COV dari IMEP untuk menentukan kestabilan dari performa pembakaran hasil campuran bahan bakar. (Putrasari Y. dan Lim O, 2017).



Gambar 2.1 Cylinder Pressure (Putrasari Y, 2017)

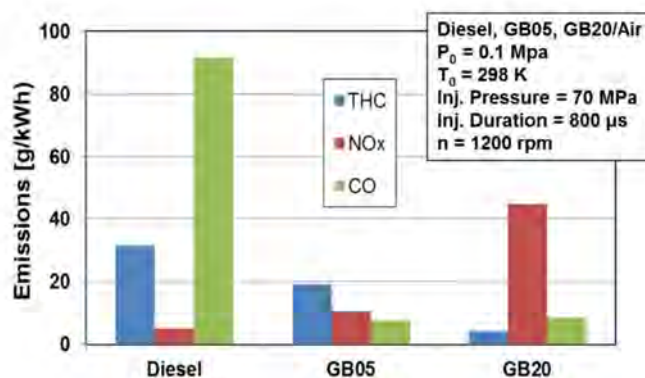
Efisiensi thermal dari campuran bahan bakar biodiesel-gasoline dapat menyerupai dari bahan bakar diesel. *Gasoline Volatility* yang tinggi pada campuran 20% Biodiesel digabungkan dengan penginjeksian bahan bakar yang lebih awal dapat membuat campuran bahan bakar dan udara pada ruang bakar menjadi lebih homogen sehingga dapat menghasilkan proses pembakaran yang komplit. (Putrasari Y, 2017). Untuk melihat perbandingan efisiensi thermal pada percobaan yang dilakukan oleh Putrasari Y. dan Lim O. dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.2 Thermal Efficiency (Putrasari Y, 2017)

Emisi Hydrocarbon yang dihasilkan oleh *Gasoline Compression Ignition (GCI) engine* dapat dikurangi dengan menggunakan campuran bahan bakar antara biodiesel dan bensin dan sangat berkurang jika *Start-of Injection (SOI)* diperlambat. kadar NOx pada gas buang dari *Gasoline Compression Ignition (GCI) engine* dengan campuran bahan bakar biodiesel dengan bensin menunjukkan hasil yang kurang memuaskan dibandingkan dengan bahan bakar diesel, kekurangan ini dapat diatasi dengan memperlambat *Start-of Injection (SOI)*. (Putrasari Y, 2017)

Menurut Putrasari Y. dkk (2017) Pada grafik dibawah menunjukkan bahwa *engine* yang berbahan bakar diesel, GB05 (Gasoline dan Biodiesel 5%) dan GB20 (Gasoline dan Biodiesel 20%). Tingkat emisi paling tinggi berupa hydrocarbon dan CO dihasilkan dari bahan bakar diesel sementara NOx tertinggi dihasilkan dari bahan bakar GB20. Nilai THC dan CO yang tinggi pada bahan bakar diesel diakibatkan karena karakteristik dari bahan bakar diesel tersebut, namun karena adanya tingkat kandungan oksigen yang tinggi pada biodiesel di campuran bahan bakar GB20 maka akan menghasilkan nilai NOx yang tinggi.

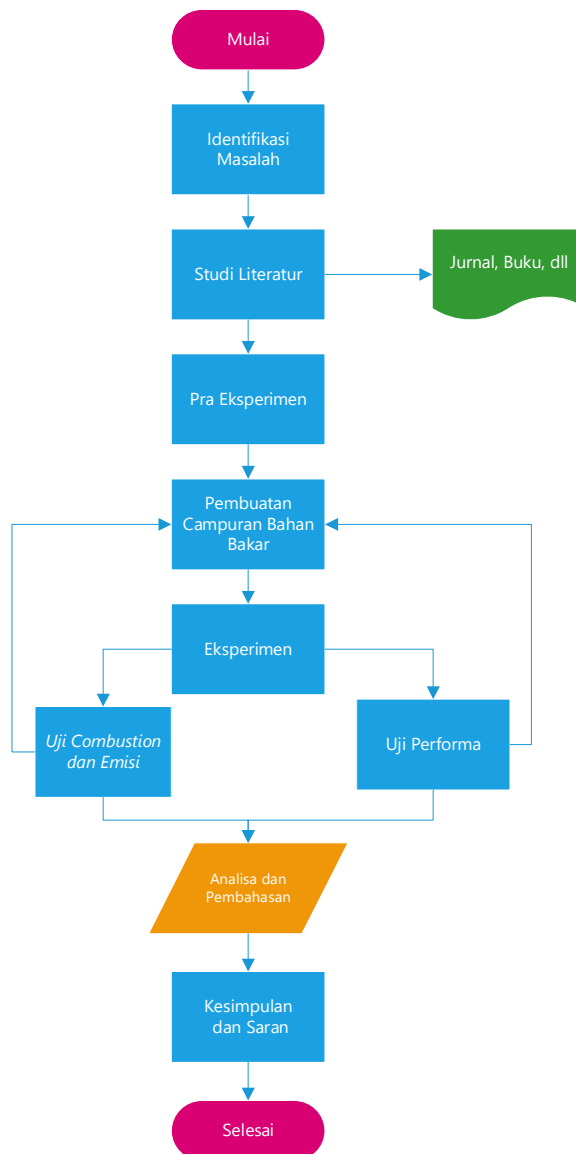


Gambar 2.3 Tabel Emisi (Putrasari Y, 2017)

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Dalam pembuatan skripsi ini, tentu saja memerlukan proses yang harus terstruktur. Hal tersebut haruslah ada, agar kedepannya dalam pengerjaan akan terasa lebih terarah dan lebih mudah. Dalam metodologi penelitian ini, akan diuraikan tahap demi tahap yang akan dilakukan dalam pengerjaan skripsi ini nantinya. Adapun tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut :



3.1 Identifikasi & Perumusan Masalah

Identifikasi masalah pada penelitian ini adalah untuk menganalisa pembakaran dan emisi dari konsep GCI dengan bahan bakar pertamax dan dextrite dengan single injection pada motor diesel satu silinder.

3.2 Studi Literatur

Setelah suatu permasalahan sudah diketahui, maka selanjutnya adalah studi literatur. Dimana yang harus dilakukan pada tahap ini, adalah mencari referensi permasalahan-permasalahan yang ada berikut solusinya dan juga mempelajari kedua hal tersebut untuk diimplementasikan pada skripsi ini, sehingga jelas apa saja yang harus dilakukan agar permasalahan tersebut dapat terpecahkan. Studi literatur dapat dilakukan dengan cara membawa paper atau jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dipecahkan.

3.3 Pra Eksperimen

3.3.1 Persiapan Bahan Bakar

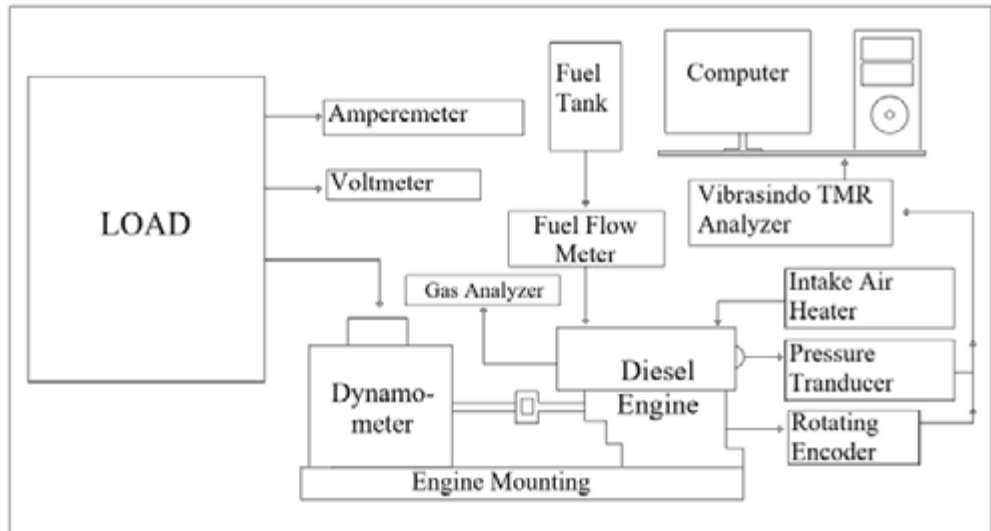
Bahan bakar yang digunakan adalah campuran antara Pertamax (RON 92) dan Dextrite, dalam proses pembuatan campuran antara pertamax dan dextrite dapat dilakukan dengan proses mixing/shaking selama 2-10 menit untuk mendapatkan campuran yang homogen. Dengan variabel bahan bakar sebagai berikut

- a. Variable Bahan bakar
 - Dextrite = Dextrite 100%
 - P05 = Pertamax 5% + Dextrite 95% (*Ambient Temperature*)
 - P05 65 = Pertamax 5% + Dextrite 95% (*Controlled Temperature 65°C*)
 - P10 = Pertamax 10% + Dextrite 90% (*Ambient Temperature*)
 - P10 65 = Pertamax 10% + Dextrite 90% (*Controlled Temperature 65°C*)

3.3.2 Engine Set Up

Proses Engine SET UP disini adalah pengaplikasian *Intake Air Heater* pada motor diesel YANMAR tipe TF 85 MH-di. Selain pemasangan *Intake Air Heater*, juga dilakukan pemasangan alat uji seperti Electric Dynamometer untuk mengetahui performa, Combustion Analyzer. Pada pengujian performa ini ada beberapa sensor yang dipasang, diantaranya Hardware Vibrasindo TMR-Card Board & TMR-Crankangle-Rotary Encoder pada motor diesel YANMAR tipe TF 85 MH-di. Kemudian dilakukan proses pengistalanan software/tool yang bernama TMR Instrumen untuk menampilkan hasil proses pembakaran motor di layar

computer untuk mengetahui proses pembakaran. Dan yang ketiga adalah Exhaust Gas Analyzer untuk mengetahui kadar emisi NOx. Dalam tahap ini, diharapkan semua peralatan dan bahan sudah siap sehingga dapat mempermudah dalam proses pengambilan data.



Gambar 2.4 Engine Set-up

3.4 Eksperimen

Proses eksperimen ini dilakukan ketika semua sudah disiapkan, meliputi bahan bakar berupa campuran antara pertamax dan dextrite, engine set up beserta alat penunjang sudah selesai dilakukan antara lain:

3.4.1 Uji Performa

Uji performansi dilakukan untuk mengetahui daya, torsi dan *SFOC* dari motor diesel dengan menggunakan bahan bakar campuran antara pertamax dan dextrite yang telah disediakan sebelumnya dan tambahan sistem *intake air heater* pada motor Diesel. Uji Performansi nanti akan dilakukan dengan berbagai variabel. Diantaranya

a. Variabel Tetap

- Kadar P10 dan P05
- *RPM engine*

Engine yang dipakai mempunyai putaran maksimal, ditentukan putaran yang akan menjadi patokan adalah 5 titik putaran teratas, yaitu pada 1800, 1900, 2000, 2100, 2200 RPM

b. Variabel Berubah

- Beban

- Suhu *Intake Air* pada *Intake Air Manifold*

3.4.2 Uji Pembakaran

Uji Pembakaran dilakukan untuk mengetahui *Ignition Delay*, *Combustion Pressure*, *Heat Release Rate* dan *Knocking* dari motor diesel dengan menggunakan bahan bakar campuran antara pertamax dan dextrite yang telah disediakan sebelumnya dan tambahan sistem *intake air heater* pada motor Diesel. Uji Emisi nanti akan dilakukan dengan berbagai variabel. Diantaranya

- Variabel Tetap
 - Kadar P10 dan P05
 - *RPM 2200*
- Variabel Berubah
 - Beban
 - Suhu *Intake Air* pada *Intake Air Manifold*

3.4.3 Uji Emisi (Kadar *NOx*, *CO* dan *HC*)

Uji Emisi dilakukan untuk mengetahui kandungan *NOx*, *CO* dan *HC* pada emisi motor diesel dengan menggunakan bahan bakar campuran dextrite dan pertamax yang telah disediakan sebelumnya dan tambahan *Intake Air Heater* pada motor Diesel. Uji Emisi dilakukan oleh Pihak Ketiga dengan Menggunakan alat Gas Analyzer Start Gas 898 dan E-COM. Uji Emisi nanti akan dilakukan dengan berbagai variable. Diantaranya

- Variabel Tetap
 - Kadar P10 dan P05
 - *RPM 2200*
- Variabel Berubah
 - Beban
 - Suhu *Intake Air* pada *Intake Air Manifold*

Metode pengetesan pada uji emisi dan proses pembakaran, titik RPM dan beban mengikuti prosedur pada aturan *IMO Marpol Annex VI*. Tipe pengujian yang dipilih adalah *test cycle type E2*, Metode pengujian untuk tipe E2 adalah seperti yang terlihat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1. *MARPOL Annex VI, Appendix II Test Cycle*

Test Cycle Type E2	Speed	100%	100%	100%	100%
	Power	100%	75%	50%	25%
	Weight Factor	0.2	0.5	0.15	0.15

*) Keterangan:

- Untuk mesin diesel kecepatan konstan dan digunakan untuk penggerak utama atau digunakan sebagai diesel electric menggunakan *Test Cycle E2*.
- Untuk *controllable-pitch propeller* menggunakan *Test Cycle E2*.
- Untuk *auxiliary engines* kecepatan konstan menggunakan *Test Cycle D2*.

3.5 Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari hasil eksperimen dan paper yang sudah dilakukan, dari tahap pra eksperimen hingga tahap eksperimen. hasil yang diperoleh merupakan data perbandingan performa motor, data kadar *NOx*, *CO* dan *HC*.

3.6 Analisa dan Pembahasan

Analisa dilakukan terhadap data yang didapatkan dari dua jenis bahan bakar yaitu Dexlite dan campuran antara Pertamina dengan Dexlite. Analisa dan pembahasan dilakukan dengan membandingkan proses pembakaran, performa dan emisi.

3.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan didapat setelah semua tahapan dilakukan dan mendapatkan hasil yang telah dianalisa dengan harapan tujuan dari Tugas Akhir ini terpenuhi. Saran dibuat berdasarkan hasil penelitian yang masih belum sempurna.

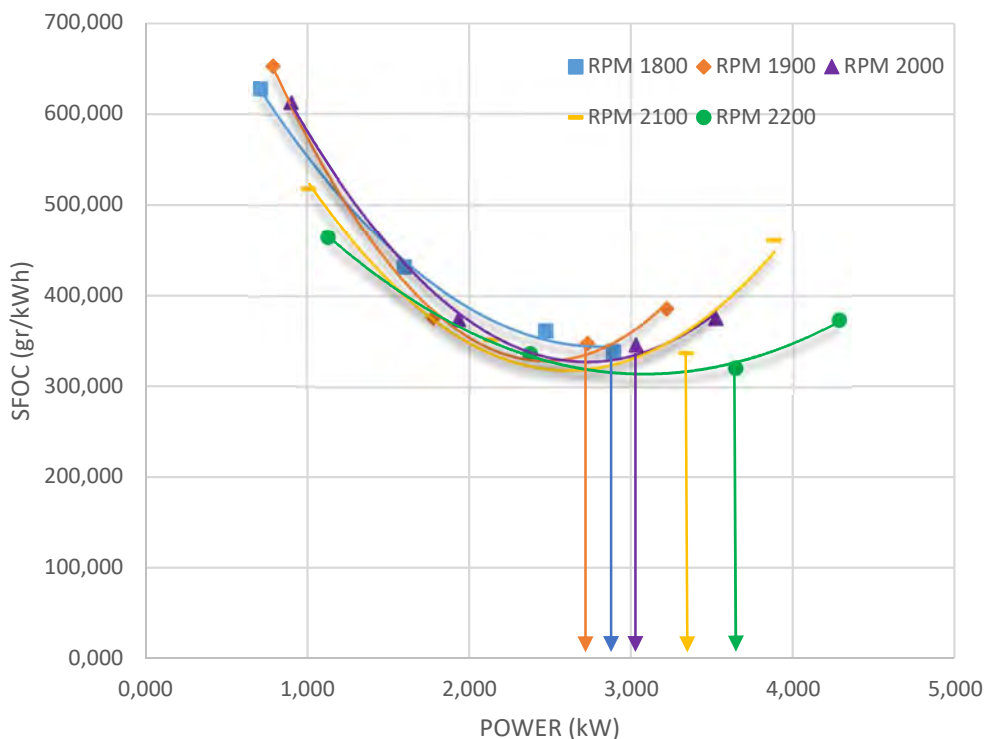
“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN ANALISA

4.1 Analisa Performa Motor Diesel dengan Bahan Bakar Dexlite, P05 dan P10

Analisa data dari hasil performa meliputi grafik perbandingan daya, torsi dan BMEP. Proses pengambilan data performa diperoleh dari proses proses eksperimen performa dari motor diesel dengan penambahan sistem pemanas pada *Air Intake Manifold* serta variasi jenis bahan bakar dan temperature pada *air intake*. Grafik perbandingan daya, torsi serta BMEP dibentuk setelah menentukan titik lembah dalam grafik *SFOC* terhadap daya dari masing masing titik uji coba campuran bahan bakar dan temperatur pada *air intake*. Pada penelitian kali ini variabel RPM ditentukan pada 1800, 1900, 2000, 2100 dan 2200.

4.1.1 Analisa Performa Motor Diesel dengan Bahan Bakar Dexlite

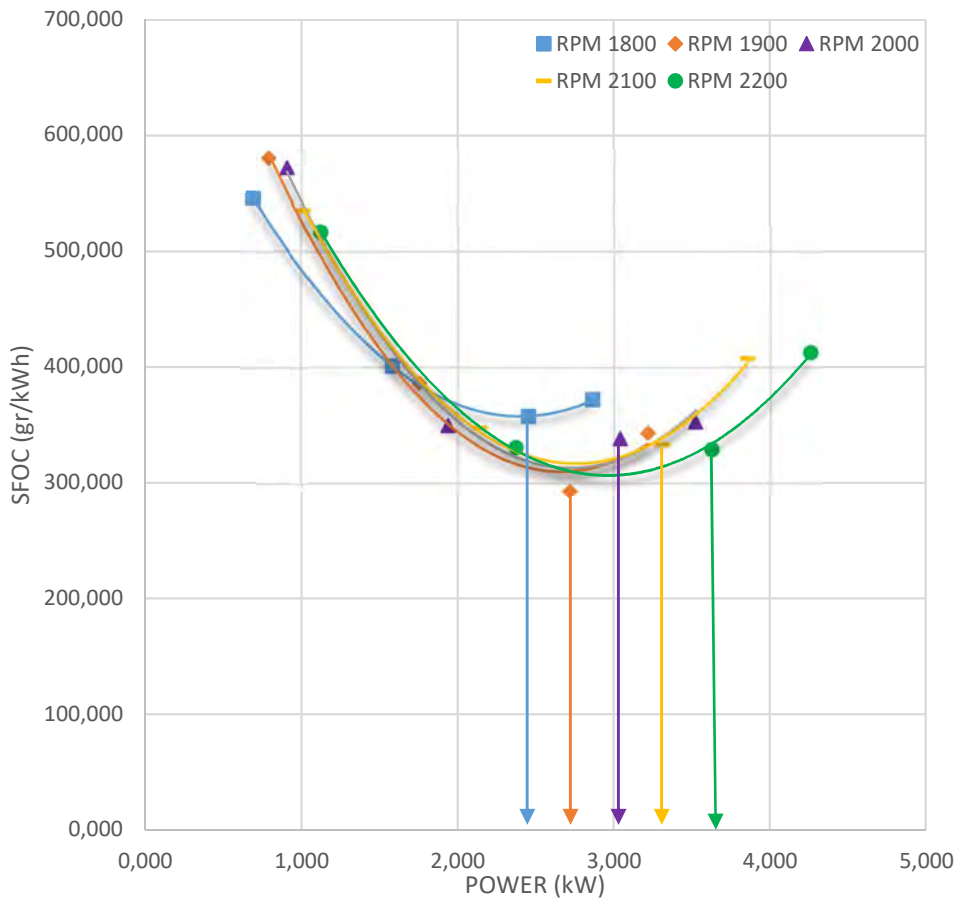


Gambar 4.1 Performansi *SFOC* dengan *Power* Bahan Bakar Dexlite pada Temperatur *Ambient*

Grafik pada gambar 4.1 adalah grafik perbandingan *SFOC* terhadap *power* pada bahan bakar Dexlite sebagai acuan awal pengambilan data tanpa menggunakan *intake air heater* atau menggunakan temperatur *ambient* dengan suhu sebesar 47°C. Hasil dari pembacaan grafik diatas, menunjukkan Titik *SFOC* terendah terjadi pada 2200 RPM

dengan nilai *SFOC* sebesar 321,093 gr/kWh dengan daya sebesar 3,64 kW. Sementara untuk titik *SFOC* terendah pada masing-masing RPM yaitu pada 1800 RPM dengan nilai *SFOC* 348,078 gr/kWh dengan daya sebesar 2,47 kW, 1900 RPM dengan nilai *SFOC* 348,078 gr/kWh dengan daya sebesar 2,73kW, 2000 RPM dengan nilai *SFOC* 346,320 gr/kWh serta daya sebesar 3,02 kW, 2100 RPM dengan nilai *SFOC* 337,436 gr/kWh serta daya sebesar 3,33 kW dan 2200 RPM dengan nilai *SFOC* 321,093 gr/kWh serta daya sebesar 3,64 kW. Sehingga dapat diketahui bahwa dengan bahan bakar dexlite titik yang paling optimum adalah pada 2200 RPM.

4.1.2 Analisa Performa Motor Diesel dengan Bahan Bakar P05

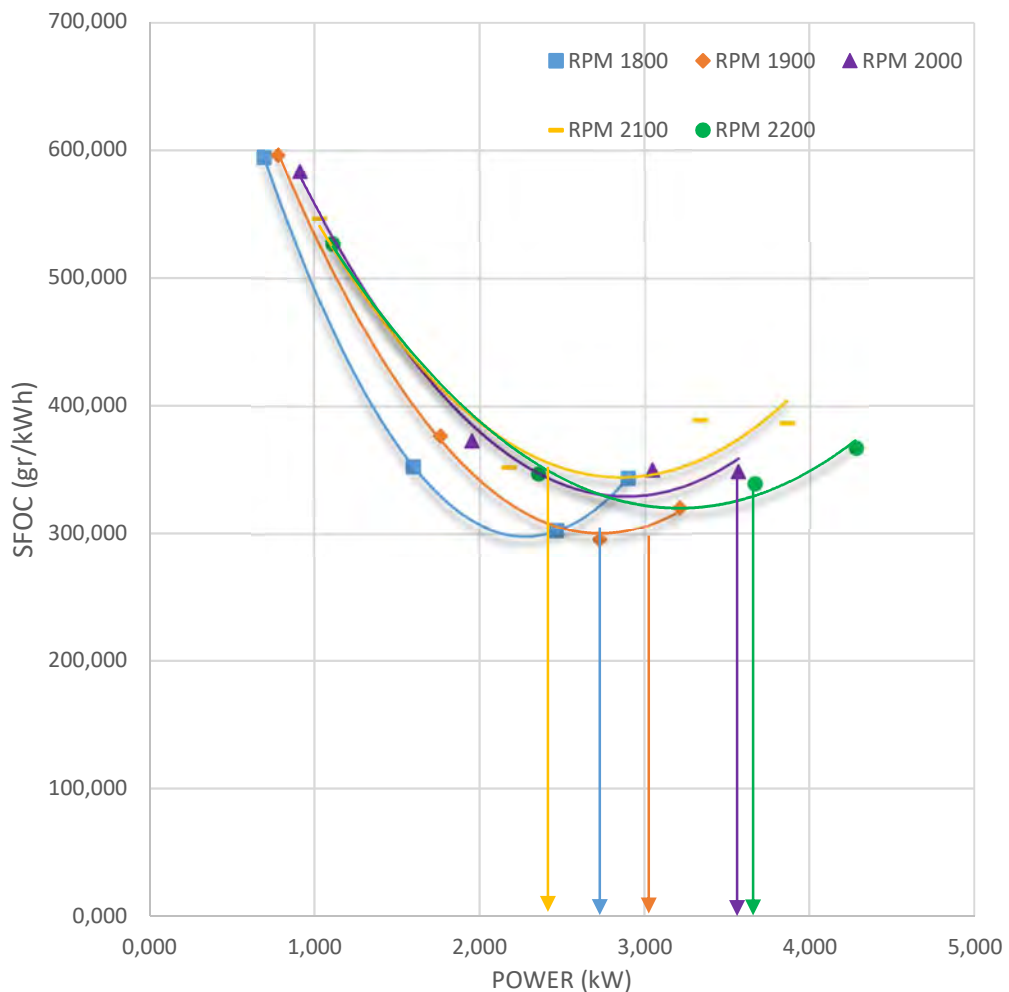


Gambar 4.2 Performansi *SFOC* dengan *Power* Bahan Bakar P05 pada Temperatur *Ambient*

Grafik pada gambar 4.2 adalah grafik perbandingan *SFOC* terhadap *power* pada bahan bakar P05 tanpa menggunakan *intake air heater* atau menggunakan temperatur *ambient* dengan suhu sebesar 47°C. Hasil dari pembacaan grafik diatas, menunjukkan Titik *SFOC* terendah terjadi pada 1900 RPM dengan nilai *SFOC* sebesar 292,945 gr/kWh dengan daya sebesar 2,71 kW. Sementara untuk titik *SFOC* terendah pada masing-masing RPM yaitu pada 1800 RPM dengan nilai *SFOC* 357,913 gr/kWh dan daya sebesar 2,45

kW, 2000 RPM dengan nilai *SFOC* 338,602 gr/kWh serta daya sebesar 3,03kW, 2100 RPM dengan nilai *SFOC* 333,681 gr/kWh serta daya sebesar 3,31 kW dan 2200 RPM dengan nilai *SFOC* 331,005 gr/kWh serta daya sebesar 3,62 kW. Sehingga dapat diketahui bahwa dengan bahan bakar P05 titik yang paling optimum adalah pada 1900 RPM.

4.1.3 Analisa Performa Motor Diesel dengan Bahan Bakar P05 menggunakan Intake Air Heater

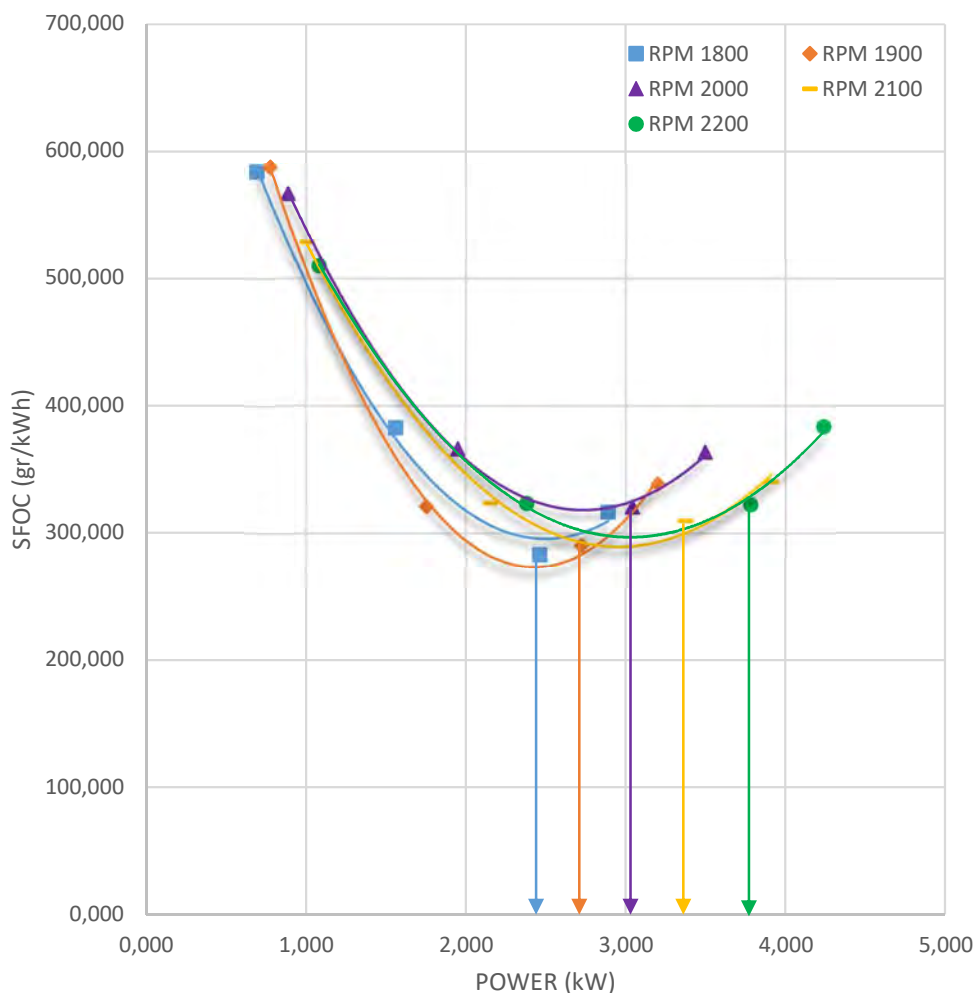


Gambar 4.3 Performansi *SFOC* dengan *Power* Bahan Bakar P05 pada Temperatur control 65°C

Grafik pada gambar 4.3 adalah grafik perbandingan *SFOC* terhadap *power* pada bahan bakar P05 dengan menggunakan *intake air heater* atau menggunakan temperatur control dengan suhu sebesar 65°C. Hasil dari pembacaan grafik diatas, menunjukkan Titik *SFOC* terendah terjadi pada 1900 RPM dengan nilai *SFOC* sebesar 295,604 gr/kWh dan daya sebesar 2,72kW. Sementara untuk titik *SFOC* terendah pada masing-masing

RPM yaitu pada 1800 RPM dengan nilai *SFOC* 302,694 gr/kWh dan daya sebesar 2,46kW, 2000 RPM dengan nilai *SFOC* 348,755 gr/kWh serta daya sebesar 3,56kW, 2100 RPM dengan nilai *SFOC* 351,920 gr/kWh serta daya sebesar 2,17 kW dan 2200 RPM dengan nilai *SFOC* 339,299 gr/kWh dan daya sebesar 3,66 kW. Sehingga dapat diketahui bahwa dengan bahan bakar P05 dengan temperatur *air intake* sebesar 65°C titik yang paling optimum adalah pada 1900 RPM.

4.1.4 Analisa Performa Motor Diesel dengan Bahan Bakar P10

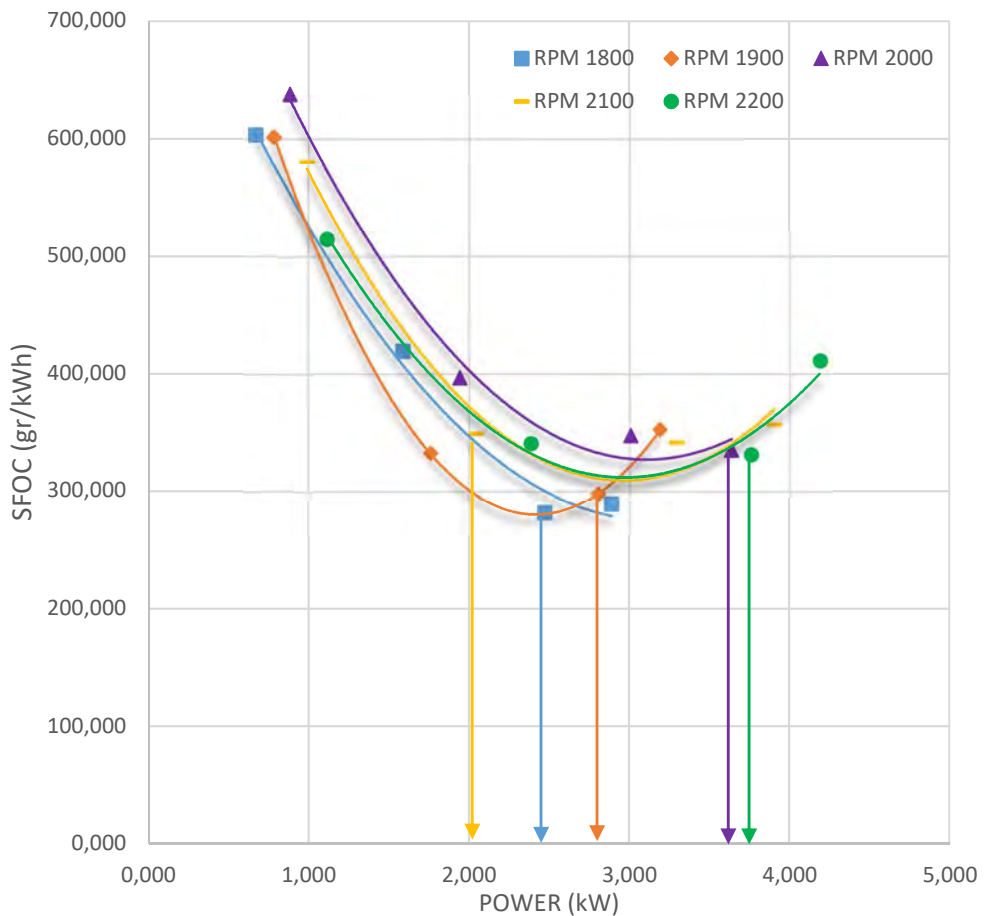


Gambar 4.4 Performansi *SFOC* dengan *Power* Bahan Bakar P10 pada Temperatur *Ambient*

Grafik pada gambar 4.4 adalah grafik perbandingan *SFOC* terhadap *power* pada bahan bakar P05 tanpa menggunakan *intake air heater* sehingga temperatur yang digunakan adalah mengacu kepada *ambient temperature* dengan suhu sebesar 47°C. Hasil dari pembacaan grafik diatas, menunjukkan Titik *SFOC* terendah terjadi pada 1800 RPM dengan nilai *SFOC* sebesar 283,101 gr/kWh dan daya sebesar 2,46 kW. Sementara untuk

titik *SFOC* terendah pada masing-masing RPM yaitu pada 1900 RPM dengan nilai *SFOC* 290,428 gr/kWh serta daya sebesar 2,72 kW, 2000 RPM dengan nilai *SFOC* 320,687 gr/kWh serta daya sebesar 3,042, 2100 RPM dengan nilai *SFOC* 309,947 gr/kWh serta daya sebesar 3,372 dan 2200 RPM dengan nilai *SFOC* 322,503 gr/kWh serta daya sebesar 3,78 kW. Sehingga dapat diketahui bahwa dengan bahan bakar P10 titik yang paling optimum adalah pada 1800 RPM.

4.1.5 Analisa Performa Motor Diesel dengan Bahan Bakar P10 menggunakan *Intake Air Heater*

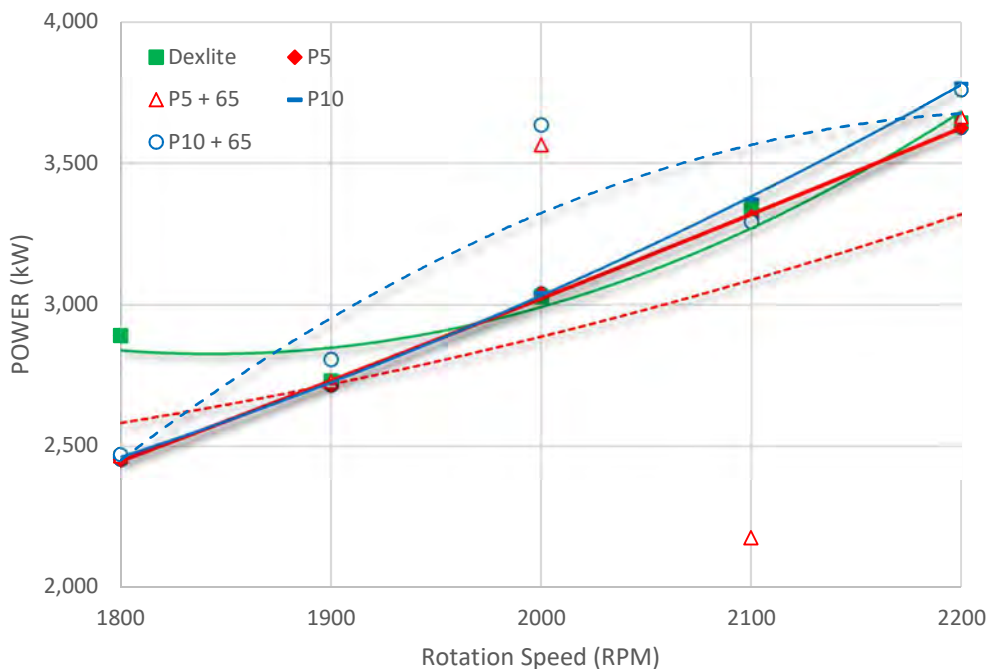


Gambar 4.5 Performansi *SFOC* dengan *Power* Bahan Bakar P10 pada Temperatur Kontrol 65°C

Grafik pada gambar 4.5 adalah grafik perbandingan *SFOC* terhadap *power* pada bahan bakar P10 dengan menggunakan *intake air heater* sehingga temperatur control yang digunakan adalah sebesar 65°C. Hasil dari pembacaan grafik diatas, menunjukkan Titik *SFOC* terendah terjadi pada 1800 RPM dengan nilai *SFOC* sebesar 282,170 gr/kWh dengan daya sebesar 2,47 kW. Sementara untuk titik *SFOC* terendah pada masing-masing RPM yaitu pada 1900 RPM dengan nilai *SFOC* 297,939 gr/kWh serta daya sebesar

2,80kW, 2000 RPM dengan nilai *SFOC* 335,409 gr/kWh serta daya sebesar 3,63 kW, 2100 RPM dengan nilai *SFOC* 341,822 gr/kWh serta daya sebesar 3,29 kW dan 2200 RPM dengan nilai *SFOC* 331,230 gr/kWh serta daya sebesar 3,76 kW. Sehingga dapat diketahui bahwa bahan bakar P10 dengan *intake air heater* memiliki titik yang paling optimum pada 1800 RPM.

4.1.6 Perbandingan Daya *Full Load* dengan RPM pada Variasi Campuran Bahan Bakar Dexlite, P05 dan P10

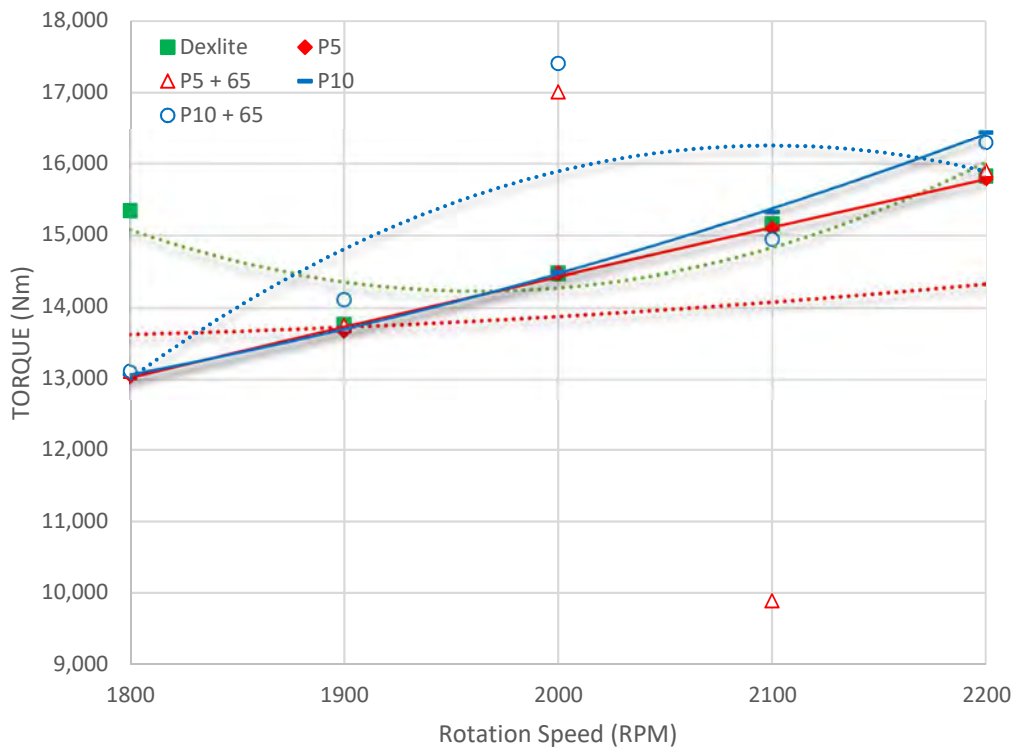


Gambar 4.6 Perbandingan *Power* Maksimum dengan RPM pada Variasi Campuran Bahan Bakar Dexlite, P05 dan P10

Gambar 4.6 adalah grafik performansi perbandingan *power* terhadap RPM pada variable campuran bahan bakar Dexlite, P05 dan P10 pada *Ambient Temperature* dan P05 + 65 dan P10 + 65 dengan menggunakan *intake air heater* pada suhu 65°C. Grafik diatas merupakan grafik *Power* dengan *SFOC* terendah pada tiap bahan bakar dan tiap putaran mesin. Hasil dari pembacaan dan pengamatan grafik diatas adalah pada saat putaran awal yaitu 1800 RPM bahan bakar Dexlite menghasilkan daya yang paling tinggi yaitu 2,89 kW. Pada putaran mesin 1900 RPM ke 4 bahan bakar memiliki nilai *Power* yang serupa yaitu Dexlite, P5, P5 + 65 dan P10 namun P10+65 memiliki *power* yang lebih tinggi sebesar 0,9 kW. Pada putaran mesin 2000 RPM P10 + 65°C dan P5 + 65°C merupakan bahan bakar dengan *power* yang paling besar yaitu 3,63 kW dan 3,56 kW selisih dengan ke-3 bahan bakar lainnya sekitar 0,6 kW. Pada putaran mesin 2100 RPM bahan bakar P5

+ 65 °C mengalami penurunan pada *Power*nya yang hanya menghasilkan 2,17 kW sedangkan bahan bakar lainnya ada dikisaran 3,3 kW. Sedangkan pada putaran mesin 2200 RPM semua bahan bakar mengalami kenaikan *Power* untuk nilai tertinggi didapatkan dengan bahan bakar P10 sebesar 3,78 kW sedangkan untuk nilai terendah ada pada bahan bakar P5 dengan nilai *Power* sebesar 3,62 kW.

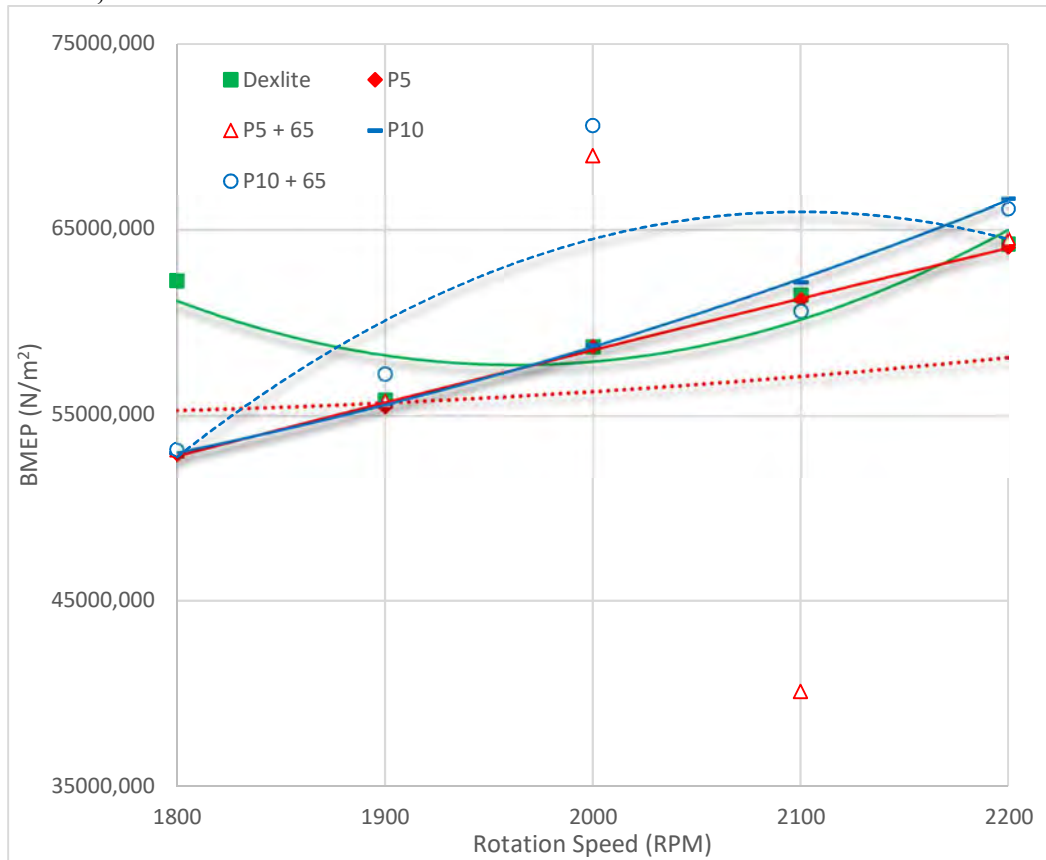
4.1.7 Perbandingan Torsi Maksimum dengan RPM pada Variasi Campuran Bahan Bakar Dexlite, P05 dan P10



Gambar 4.7 Perbandingan *Torque* Maksimum dengan RPM pada Variasi Campuran Bahan Bakar Dexlite, P05 dan P10

Pada Gambar 4.7 merupakan grafik perbandingan torsi maksimum dengan putaran *engine* pada setiap jenis bahan bakar, dimana nilainya didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada tiap putaran. Torsi tertinggi didapat dengan bahan bakar P10 + 65°C pada putaran 2000 RPM menghasilkan torsi sebesar 17,40 Nm dengan menggunakan bahan bakar Dexlite didapatkan torsi maksimum sebesar 15,83 Nm pada putaran 2200 RPM, P5 menghasilkan torsi maksimum sebesar 15,784 Nm pada putaran 2200 RPM, P5 + 65°C menghasilkan torsi maksimum sebesar 17 Nm pada putaran 2000 RPM, P10 menghasilkan torsi maksimum sebesar 16,437 Nm. Dari percobaan menggunakan empat jenis bahan bakar tersebut, didapatkan torsi terbesar dihasilkan dengan menggunakan bahan bakar P10 + 65°C dengan selisih 0,4 Nm terhadap bahan bakar P5 + 65°C.

4.1.8 Perbandingan BMEP dengan RPM pada Variasi Campuran Bahan Bakar Dexlite, P05 dan P10



Gambar 4.8 Perbandingan BMEP dengan RPM pada *Power* Maksimum

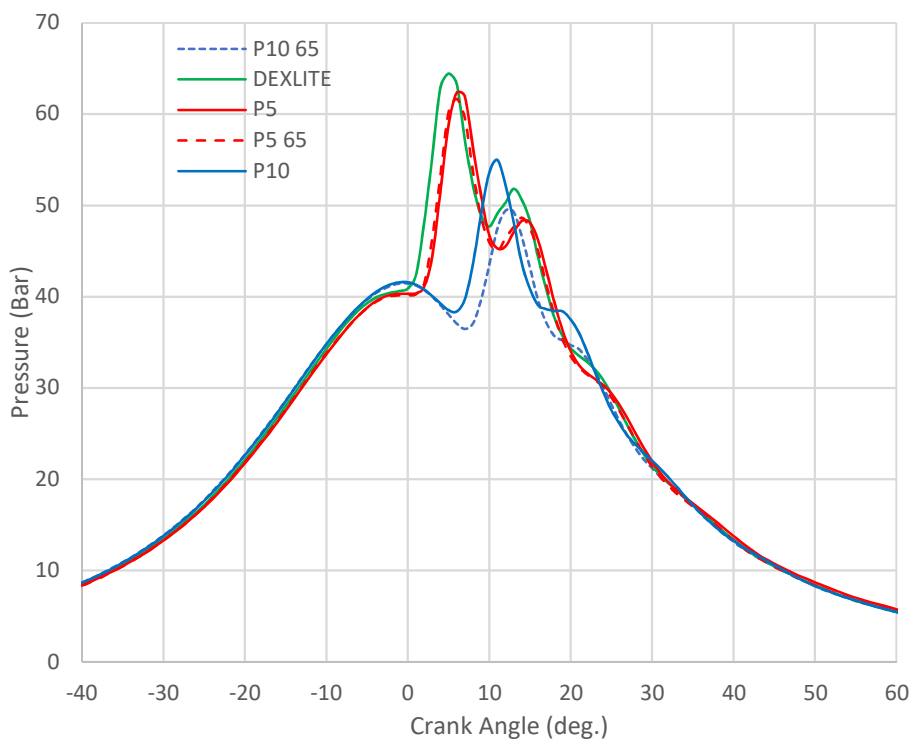
Pada gambar 4.8 merupakan grafik perbandingan BMEP maksimum dengan putaran *engine* pada setiap jenis bahan bakar, dimana nilainya didapatkan dari grafik SFOC dengan nilai paling rendah pada tiap putaran. BMEP tertinggi didapatkan pada putaran 2200 RPM, kecuali untuk bahan bakar P10 + 65°C (*Intake air heater*) dan P5 + 65°C nilai BMEP tertinggi ada pada putaran 2000RPM dengan nilai 70602,60 N/m² dan 68995 N/m². Dengan menggunakan bahan bakar Dexlite didapatkan BMEP maksimum sebesar 64225,06 N/m², P5 menghasilkan BMEP maksimum sebesar 64034,04 N/m², P5 + 65°C (*Intake air heater*) menghasilkan BMEP maksimum sebesar 64538,40 N/m², P10 menghasilkan BMEP maksimum sebesar 66670,96 N/m².

4.2 Analisa Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dexlite dan Pertamina dengan *Intake Air Heater*

Pada proses pengambilan data untuk hasil proses pembakaran ini, Titik pengambilan ditentukan berdasarkan aturan IMO MARPOL Annex VI tentang *test cycle* untuk pengujian emisi *NOx*. Test cycle yang diatur oleh MARPOL Annex VI ini menyatakan bahwa pengujian dilakukan pada pembebanan sebesar 25%, 50%, 75% dan 100% pada titik 100% RPM motor diesel. Pengambilan data hasil proses pembakaran bedasar test cyle emisi *NOx* adalah untuk menganalisa seberapa besar pengaruh perubahan proses pembakaran terhadap nilai kandungan *NOx*, HC ataupun CO. Hasil pembebanan pada beban 25%, 50%, 75% dan 100% didapat dari pembebanan motor diesel dengan bahan bakar Dexlite, P5, P5 + 65°C (*Intake air heater*), P10 dan P10 + 65°C (*Intake air heater*).

Dari hasil proses pembakaran, nantinya akan dapat dianalisa tentang grafik *Combustion Pressure*, *Heat Release*, *Knocking* dan *Ignition Delay*. Hasil proses pembakaran didapat melalui kegiatan eksperimen. Hasil proses pembakaran adalah sebagai berikut.

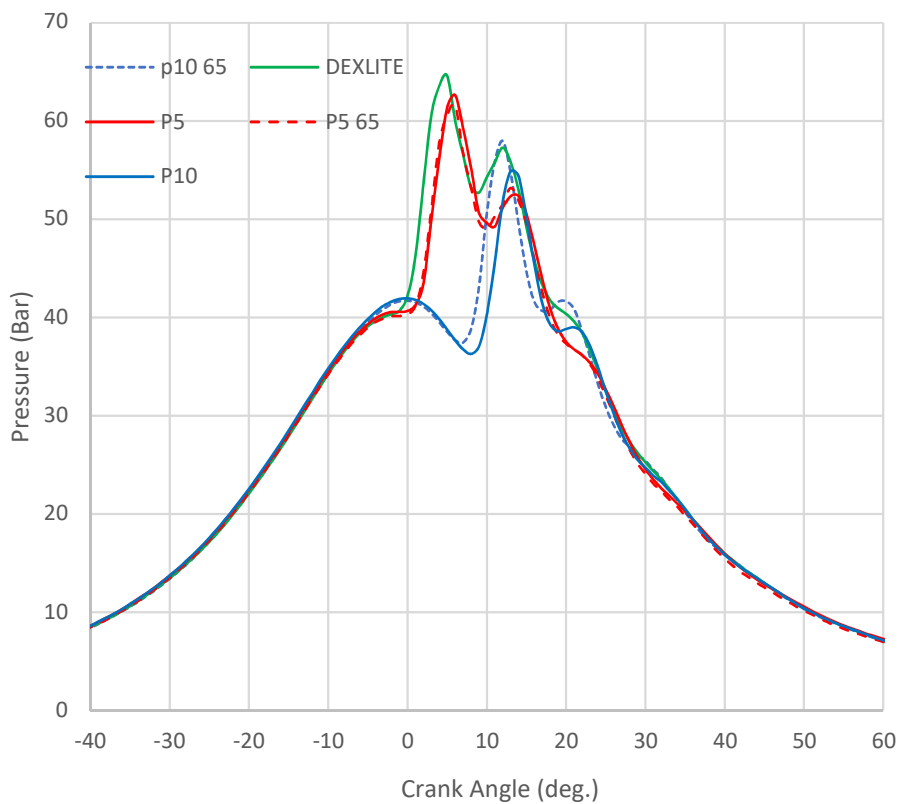
4.2.1 Analisa *Combustion Pressure* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dexlite dan Pertamina dengan *Intake Air Heater* pada Beban 25%



Gambar 4.9 Grafik *Combustion Pressure* pada RPM 2200 dengan Beban 25%

Grafik pada Gambar 4.9 adalah grafik perbandingan *combustion pressure* pada setiap derajat *crank angle* yang terjadi pada 2200 RPM dengan Beban 25%. Pada grafik tersebut dapat diamati, penambahan Pertamina pada bahan bakar Dexlite mengakibatkan terjadinya pergeseran *Peak Power* ke arah ATDC (*After Top Dead Center*). Selain itu penggunaan *Intake Air Heater* juga mengakibatkan *maximum pressure* terlihat lebih rendah dan mempengaruhi pergeseran *peak power* pada campuran bahan bakar P05 dan P10. Hal ini terjadi karena Pertamina memiliki sifat *anti auto-ignition* sehingga proses pembakaran menjadi lebih lambat. Secara umum sebenarnya dapat dikatakan terjadi perubahan yang sangat signifikan pada *combustion pressure* saat kondisi mesin pada beban rendah.

4.2.2 Analisa *Combustion Pressure* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dexlite dan Pertamina dengan *Intake Air Heater* pada Beban 50%

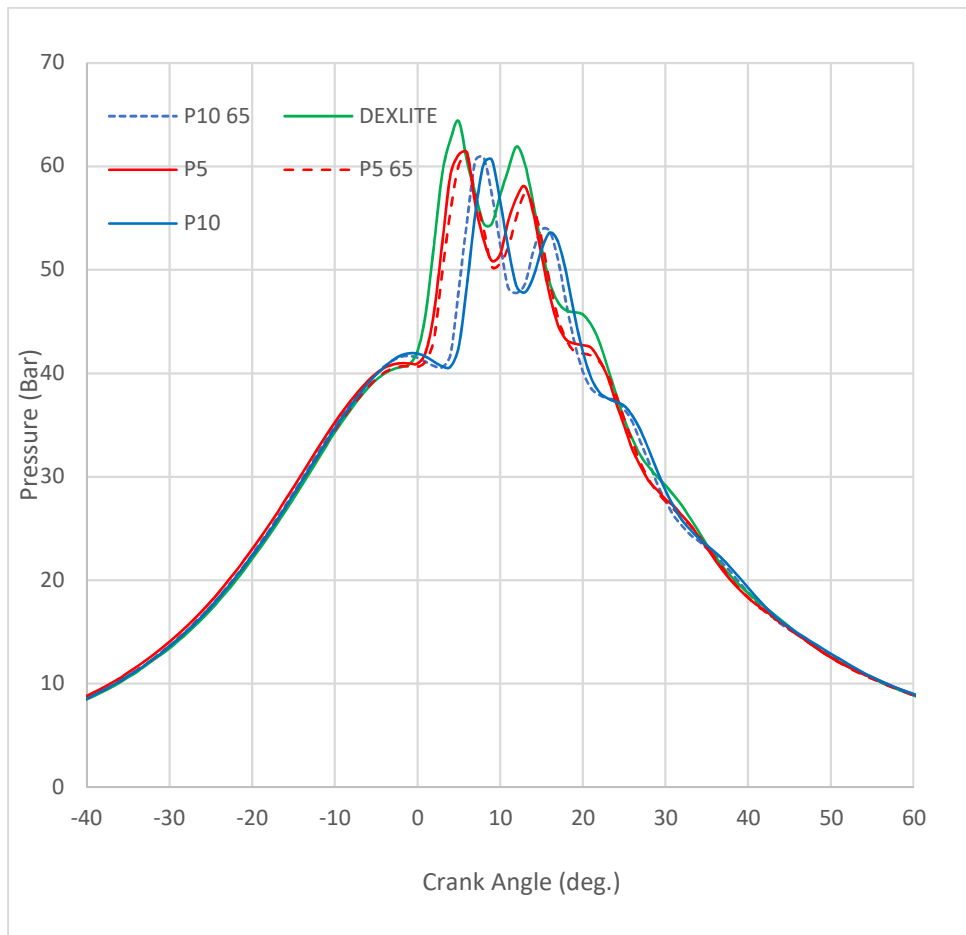


Gambar 4.10 Grafik *Combustion Pressure* pada RPM 2200 dengan Beban 50%

Grafik pada Gambar 4.10 adalah grafik perbandingan *combustion pressure* pada setiap derajat *crank angle* yang terjadi pada 2200 RPM dengan Beban 50%. Pada grafik tersebut dapat diamati, dengan *intake air heater* pada variasi bahan bakar P5 dan P10 mengakibatkan *peak power* bergeser beberapa derajat ke arah kiri menuju TDC (*Top Dead Center*). Selain itu penggunaan *intake air heater* juga mengakibatkan *maximum*

pressure terlihat lebih tinggi pada bahan bakar P10 dan terlihat lebih rendah pada bahan bakar P5. Hal ini terjadi karena Pertamina memiliki sifat *anti auto-ignition* sehingga akan membuat *maximum pressure* bergeser ke arah kanan atau ATDC (*After Top Dead Center*) untuk itu penambahan *Intake air heater* dapat memperbaiki karakter tersebut sehingga *maximum pressure* dapat digeser ke arah kiri menuju TDC (*top dead center*).

4.2.3 Analisa *Combustion Pressure* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dexlite dan Pertamina dengan *Intake Air Heater* pada Beban 75%

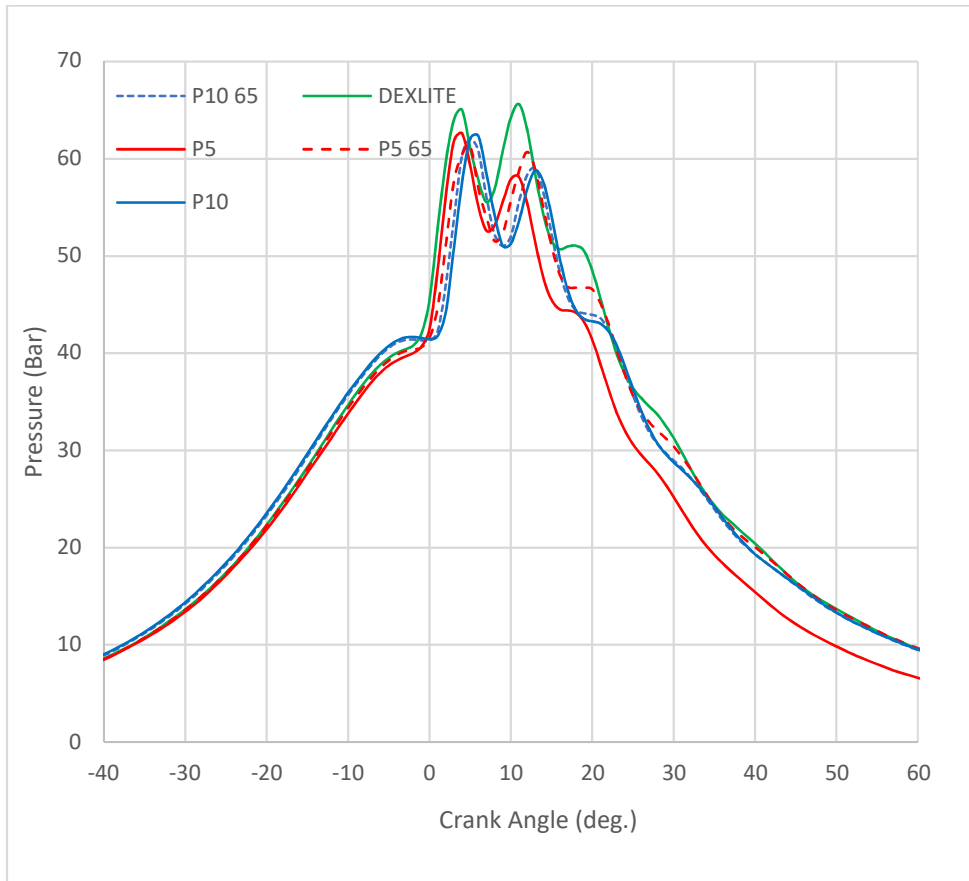


Gambar 4.11 Grafik *Combustion Pressure* pada RPM 2200 dengan Beban 75%

Grafik pada Gambar 4.11 adalah grafik perbandingan *combustion pressure* pada setiap derajat *crank angle* yang terjadi pada 2200 RPM dengan Beban 75%. Pada grafik tersebut dapat diamati penambahan *Intake air heater* hanya memberi pengaruh pada bahan bakar P10 yang mengakibatkan *Peak Pressure* ke arah kiri mendekati tolak ukur utama yaitu dexlite. Sedangkan pada bahan bakar P5 tidak terjadi perubahan yang signifikan ketika ditambahkan *intake air heater*. *Peak Pressure* yang didapat oleh bahan

bakar P5 dan P10 hanya mengalami sedikit penurunan sehingga *Power* yang dihasilkan tidak berbeda jauh dengan penggunaan bahan bakar Dexlite.

4.2.4 Analisa *Combustion Pressure* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dexlite dan Pertamina dengan *Intake Air Heater* dengan Beban 100%



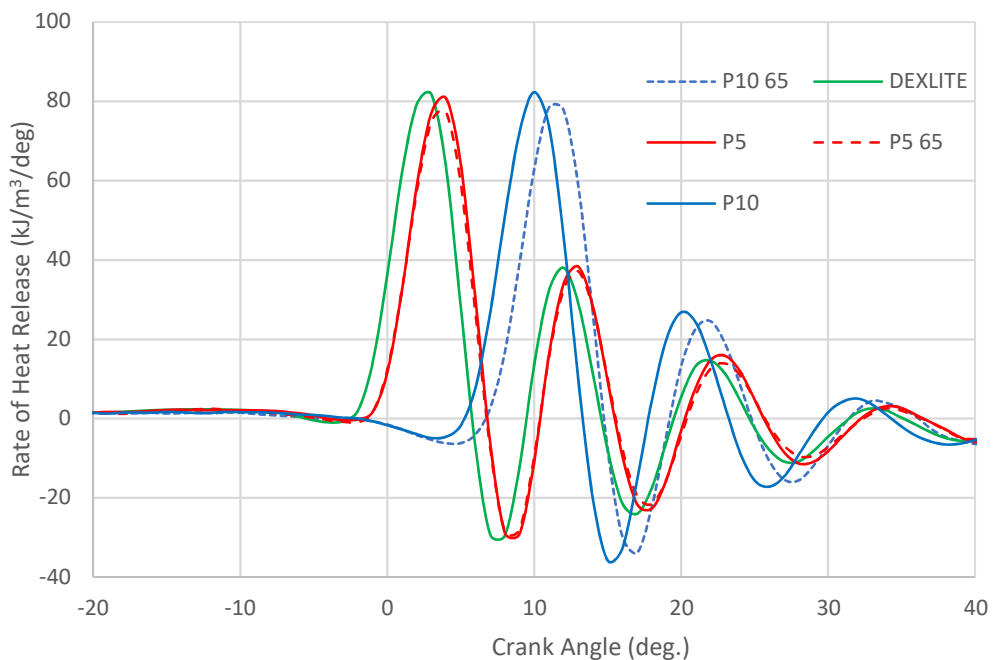
Gambar 4.12 Grafik *Combustion Pressure* pada RPM 2200 dengan Beban 100%

Grafik pada Gambar 4.12 adalah grafik perbandingan *combustion pressure* pada setiap derajat *crank angle* yang terjadi pada 2200 RPM dengan Beban 100%. Pada grafik tersebut dapat diamati, penambahan *Intake Air Heater* membuat P5 mengalami penurunan pada *peak pressure* serta membuat *peak pressure* bergeser ke arah kanan yang diakibatkan karena udara yang masuk kedalam *engine* menjadi lebih tidak *dense* sehingga *power*nya menurun namun pada bahan bakar P10 penambahan alat tersebut dapat menggeser *peak power* ke arah kiri akibat dari pemanasan udara masuk yang dapat mengurangi efek dari *anti auto-ignition* pada bahan bakar pertamax dan *peak pressure drop* yang disebabkan menjadi lebih berkurang.

Bisa ditarik kesimpulan berdasarkan grafik *combustion pressure* diatas, maka penambahan beban dapat mengakibatkan peak power bergerak kearah kiri. Penggunaan campuran pertamax sebesar 5% dan 10% pada dextrite menyebabkan saat beban rendah *peak pressure* yang dihasilkan menjadi lebih rendah dari bahan bakar konvensional, namun pada beban penuh atau 100% load *peak pressure* tidak mengalami banyak penurunan. Penggunaan *Intake Air Heater* juga mempengaruhi posisi dari *peak power* motor diesel.

4.2.5 Analisa *Rate of Heat Release* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dextrite dan Pertamax dengan *Intake Air Heater* pada Beban 25%

Untuk melihat pengaruh dari bahan bakar yang digunakan terhadap hasil proses pembakaran, selanjutnya dapat dianalisa pada *rate of heat release* (ROHR) tiap bahan bakar. ROHR merupakan rata-rata pelepasan panas yang terjadi di dalam ruang bakar selama proses pembakaran. Dalam *rate of heat release* (ROHR), dapat diketahui dampak dari penambahan pertamax pada bahan bakar dextrite dan pengaruh dari *Intake air Heater*.

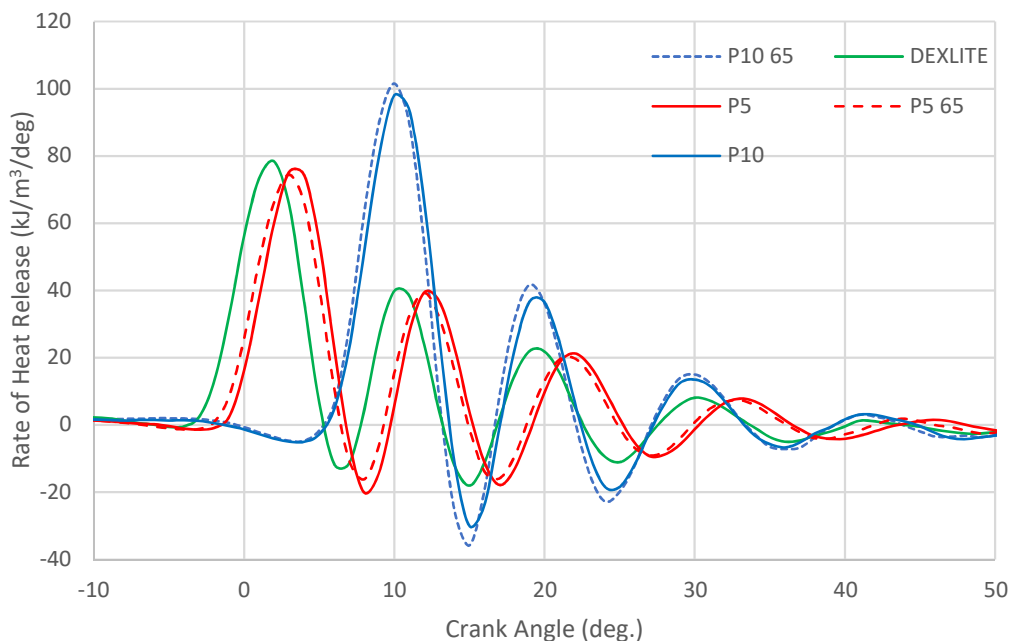


Gambar 4.13 Grafik *Rate of Heat Release* pada RPM 2200 dengan Beban 25%

Gambar 4.13 adalah grafik perbandingan *rate of heat release* (ROHR) pada 2200 RPM dengan beban 25%. Pada grafik *rate of heat release* dapat diperoleh informasi mengenai perbandingan perubahan proses pelepasan panas atau heat release serta lama waktu tunda pembakaran atau *ignition delay* saat pengaplikasian *Intake Air Heater* pada motor diesel dengan bahan bakar campuran antara dextrite dengan pertamax. Pemanasan udara masuk oleh *intake Air Heater* menjadi 65°C memberi efek pada bahan bakar P05

dan P10 yang menyebabkan nilai *peak of rate of heat release* berkurang dan menjadi bergeser ke arah kanan atau menjauhi TDC (*Top Dead Center*). Untuk ignition delay, lama ignition delay dapat dilihat dari jarak waktu antara SOI (*Start of Injection*) atau titik penginjeksian bahan bakar dengan awal kenaikan nilai dari *heat release* yang menunjukkan bahwa bahan bakar sudah mulai terbakar. Pada penelitian ini, motor diesel yang digunakan adalah Yanmar tipe TF85-Di dengan SOI bahan bakar berada pada 18 °CA BTDC (*Before Top Dead Center*). Dapat dilihat pada grafik diatas, penambahan pertamax pada campuran bahan bakar dextrite menyebabkan awal *heat release* bergerak ke arah kanan, yang berarti ignition delay semakin panjang. Pada bahan bakar Dextrite, titik awal heat release terjadi pada 2°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 81,774 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 1,130 kW, P5 mempunyai titik awal heat release pada 1°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 80,801 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 1,122 kW, sedangkan pada P5 + 65°C titik awal heat release terjadi pada 1°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 74,869 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 1,111 kW, selanjutnya P10 titik awal heat release terjadi pada 6°CA ATDC (*after top dead center*) dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 82,374 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan 1,083 kW, dan P10 + 65°C titik awal heat release terjadi pada 7° CA ATDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 78,415 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan 1,116 kW.

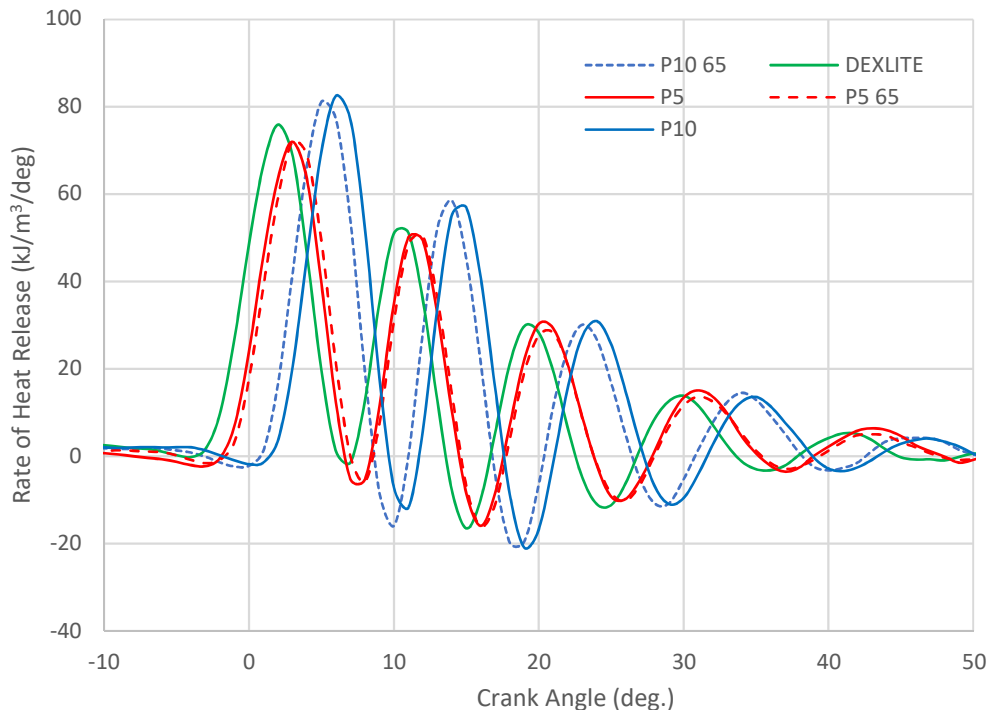
4.2.6 Analisa *Rate of Heat Release* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dextrite dan Pertamax dengan *Intake Air Heater* pada Beban 50%



Gambar 4.14 Grafik *Rate of Heat Release* pada RPM 2200 dengan Beban 50%

Gambar 4.14 adalah grafik perbandingan *rate of heat release* (ROHR) pada 2200 RPM dengan beban 50%. Pemanasan udara masuk oleh *intake Air Heater* menjadi 65°C memberi efek pada bahan bakar P05 dan P10 yang menyebabkan nilai *peak of rate of heat release* berkurang pada bahan bakar P05 tetapi meningkat pada bahan bakar P10 serta *peak of rate of heat release* menjadi bergeser kearah kiri atau mendekati TDC (*Top Dead Center*). Dapat dilihat pada grafik diatas, penambahan pertamax pada campuran bahan bakar dextrite menyebabkan awal dari *heat release* bergerak kearah kanan, yang berarti *ignition delay* semakin panjang. Pada bahan bakar Dextrite, titik awal *heat release* terjadi pada 3°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 78,376 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 2,337 kW, P5 mempunyai titik awal *heat release* pada 1°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 75,309 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 2,373 kW, sedangkan pada P5 + 65°C titik awal *heat release* terjadi pada 1°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 74,469 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 2,355 kW, selanjutnya P10 titik awal *heat release* terjadi pada 6°CA ATDC (*after top dead center*) dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 98,093 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan 2,381 kW, dan P10 + 65°C titik awal *heat release* terjadi pada 6° CA ATDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 101,580 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan 2,386 kW.

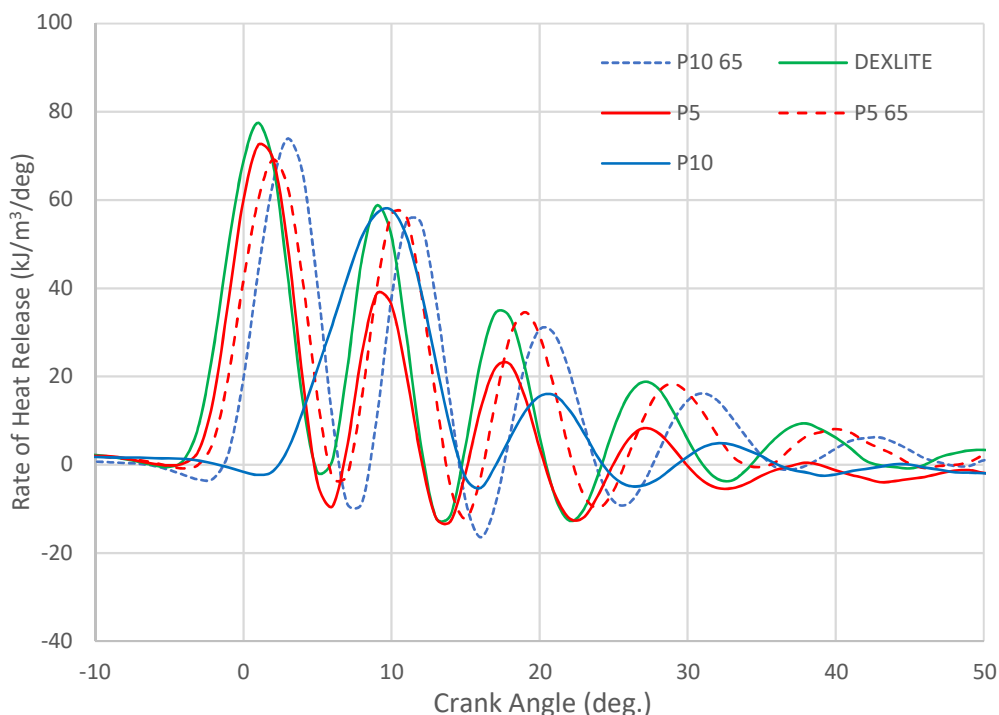
4.2.7 Analisa *Rate of Heat Release* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dextrite dan Pertamax dengan *Intake Air Heater* pada Beban 75%



Gambar 4.15 Grafik *Rate of Heat Release* pada RPM 2200 dengan Beban 75%

Gambar 4.15 adalah grafik perbandingan *rate of heat release* (ROHR) pada 2200 RPM dengan beban 75%. Pemanasan udara masuk oleh *intake Air Heater* menjadi 65°C memberikan efek pada bahan bakar P10 yang menyebabkan nilai *peak of rate of heat release* berkurang tetapi pada bahan bakar P5 meningkat. Pada bahan bakar P10 *peak of rate of heat release* menjadi bergeser kearah kiri atau mendekati TDC (*Top Dead Center*) sedangkan pada P5 menjadi sebaliknya. Dapat dilihat pada grafik diatas, penambahan pertamax pada campuran bahan bakar dextrite menyebabkan awal dari *heat release* bergerak kearah kanan, yang berarti *ignition delay* semakin panjang. Pada bahan bakar Dextrite, titik awal *heat release* terjadi pada 3°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 75,915 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 3,644 kW, P5 mempunyai titik awal *heat release* pada 1°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 71,993 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 3,626 kW, sedangkan pada P5 + 65°C titik awal *heat release* terjadi pada 1°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 72,031 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 3,665 kW, selanjutnya P10 titik awal *heat release* terjadi pada 2°CA ATDC (*after top dead center*) dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 82,256 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan 3,781 kW, dan P10 + 65°C titik awal *heat release* terjadi pada 1° CA ATDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 81,130 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan 3,760 kW.

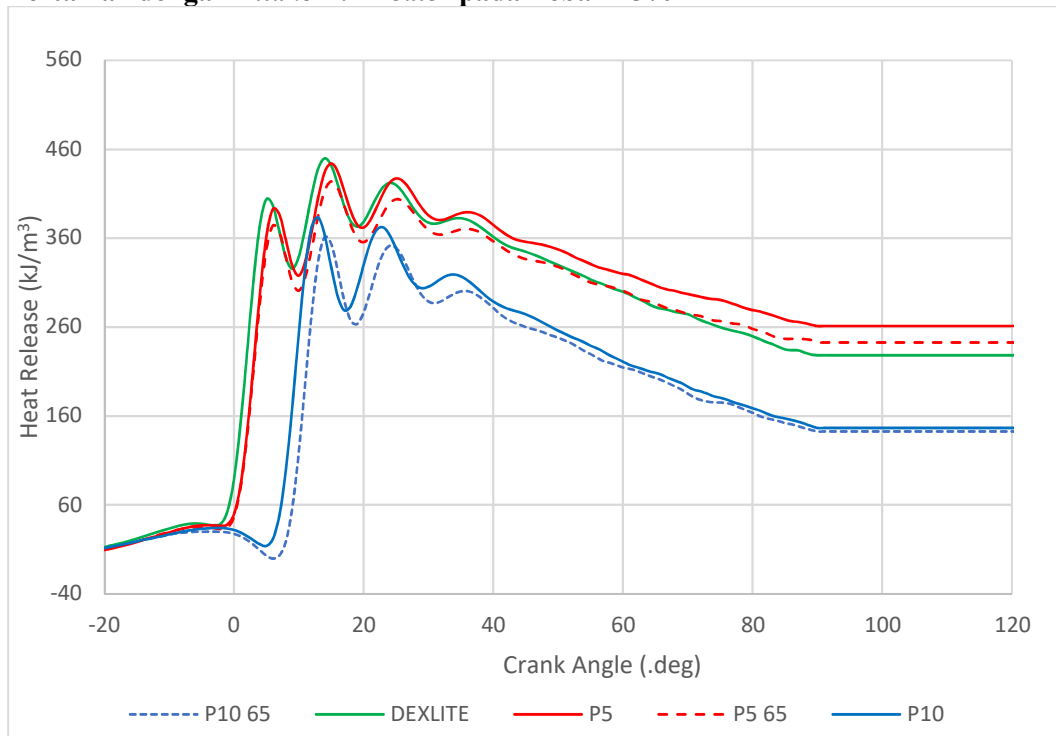
4.2.8 Analisa *Rate of Heat Release* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dextrite dan Pertamax dengan *Intake Air Heater* pada Beban 100%



Gambar 4.16 Grafik *Rate of Heat Release* pada RPM 2200 dengan Beban 100%

Gambar 4.16 adalah grafik perbandingan *rate of heat release* (ROHR) pada 2200 RPM dengan Beban 100%. Pemanasan udara masuk oleh *intake Air Heater* menjadi 65°C memberikan efek pada bahan bakar P10 yang menyebabkan nilai *peak of rate of heat release* meningkat tetapi pada bahan bakar P5 mengurangi. Dengan *intake Air Heater* bahan bakar P10 *peak of rate of heat release* menjadi bergeser kearah kiri atau mendekati TDC (*Top Dead Center*) sedangkan pada P5 menjadi sebaliknya. Dapat dilihat pada grafik diatas, penambahan pertamax pada campuran bahan bakar dextrite menyebabkan awal dari *heat release* bergerak kearah kanan, yang berarti *ignition delay* semakin panjang. Pada bahan bakar Dextrite, titik awal *heat release* terjadi pada 4°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 77,477 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 4,284 kW, P5 mempunyai titik awal *heat release* pada 3°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 72,481 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 4,256 kW, sedangkan pada P5 + 65°C titik awal *heat release* terjadi pada 2°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 69,118 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan sebesar 4,279 kW, selanjutnya P10 titik awal *heat release* terjadi pada 3°CA ATDC (*after top dead center*) dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 57,759 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan 4,239 kW, dan P10 + 65°C titik awal *heat release* terjadi pada 1°CA BTDC dengan nilai *peak of Rate of heat release* sebesar 73,910 kJ/m³/deg serta *Power* yang dihasilkan 4,189 kW.

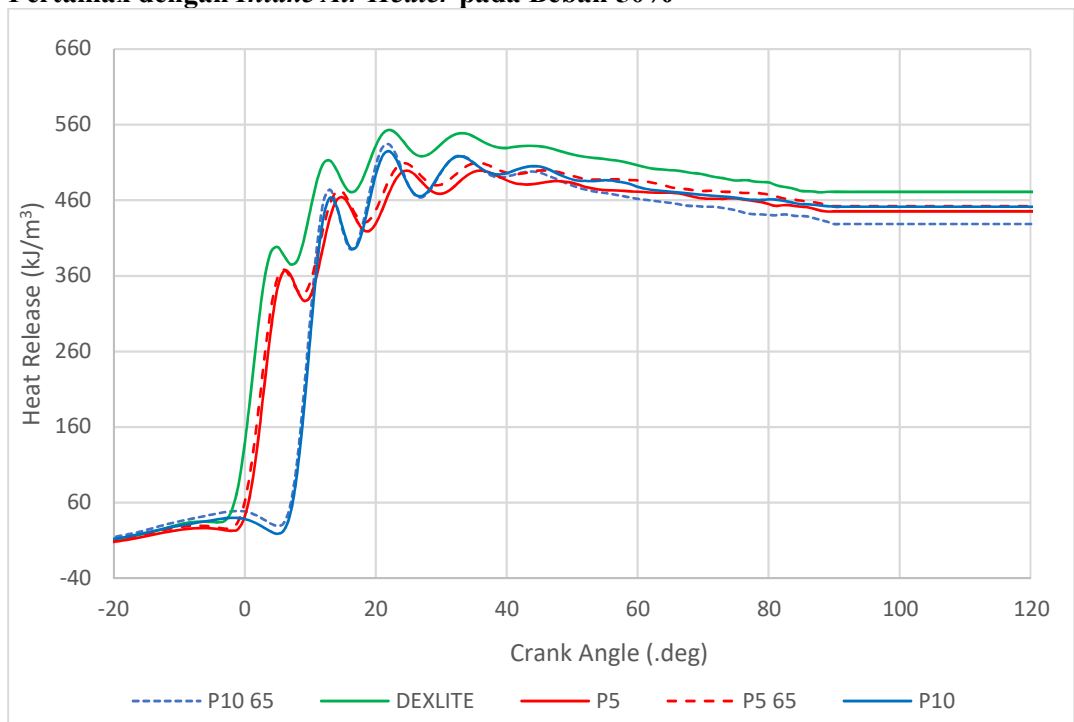
4.2.9 Analisa *Heat Release* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dextrite dan Pertamax dengan *Intake Air Heater* pada Beban 25%



Gambar 4.17 Grafik *Heat Release* pada RPM 2200 dengan Beban 25%

Pada Gambar 4.17 grafik *heat release* dapat dilakukan analisa dengan membandingkan titik puncak tertinggi energi panas yang dicapai oleh tiap bahan bakar beserta penurunan jumlah energi panas nya. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai heat release untuk bahan bakar Dexlite pada RPM 2200 dan beban 25% adalah 449,83 kJ/m³ pada titik 14 °CA ATDC, sedangkan untuk P05 nilai dari heat release pada RPM 2200 dan beban 25% adalah 444,17 kJ/m³ pada titik 15 °CA ATDC, pada bahan bakar P05 dengan *intake air heater* serta putaran mesin 2200 RPM dan beban 25% adalah 423,88 kJ/m³ pada titik 15 °CA ATDC, untuk bahan bakar P10 pada RPM 2200 dan beban 25% adalah 383,47 kJ/m³ pada titik 13 °CA ATDC dan bahan bakar P10 dengan *intake air heater* pada RPM 2200 dan beban 25% adalah 361,27 kJ/m³ pada titik 14 °CA ATDC Hal itu menunjukkan bahwa nilai energi tertinggi adalah pada bahan bakar Dexlite. sedangkan dengan penambahan *intake air heater* menurunkan nilai energy pada bahan bakar P05 maupun P10.

4.2.10 Analisa *Heat Release* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dexlite dan Pertamina dengan *Intake Air Heater* pada Beban 50%

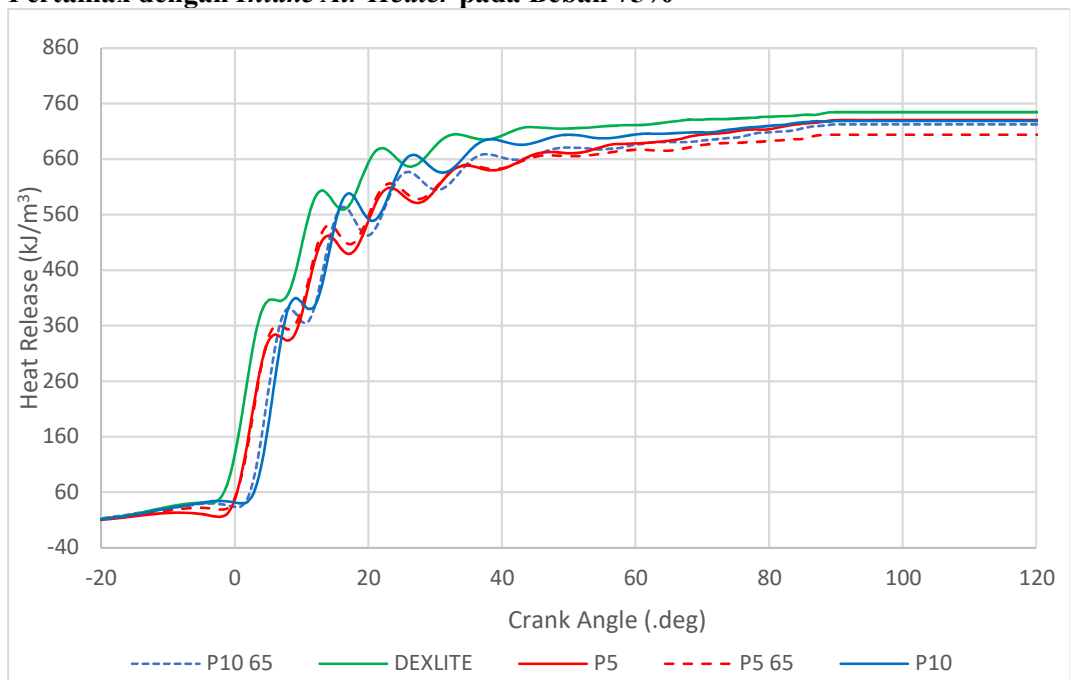


Gambar 4.18 Grafik *Heat Release* pada RPM 2200 dengan Beban 50%

Pada Gambar 4.18 grafik *heat release* dapat dilakukan analisa dengan membandingkan titik puncak tertinggi energi panas yang dicapai oleh tiap bahan bakar beserta penurunan jumlah energi panas nya. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai heat release untuk bahan bakar Dexlite pada RPM 2200 dan beban 50% adalah 553,092 kJ/m³ pada titik 22°CA ATDC, sedangkan untuk P05 nilai dari heat release pada RPM 2200

dan beban 50% adalah 499,28 kJ/m³ pada titik 36 °CA ATDC, pada bahan bakar P05 dengan *intake air heater* serta putaran mesin 2200 RPM dan beban 50% adalah 509,30 kJ/m³ pada titik 36°CA ATDC, untuk bahan bakar P10 pada RPM 2200 dan beban 50% adalah 518,17 kJ/m³ pada titik 33 °CA ATDC dan bahan bakar P10 dengan *intake air heater* pada RPM 2200 dan beban 50% adalah 534,21 kJ/m³ pada titik 22 °CA ATDC Hal itu menunjukkan bahwa nilai energi tertinggi adalah pada bahan bakar Dexlite. sedangkan dengan penambahan *intake air heater* meningkatkan nilai energi pada bahan bakar P05 maupun P10.

4.2.11 Analisa *Heat Release* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dexlite dan Pertamina dengan *Intake Air Heater* pada Beban 75%

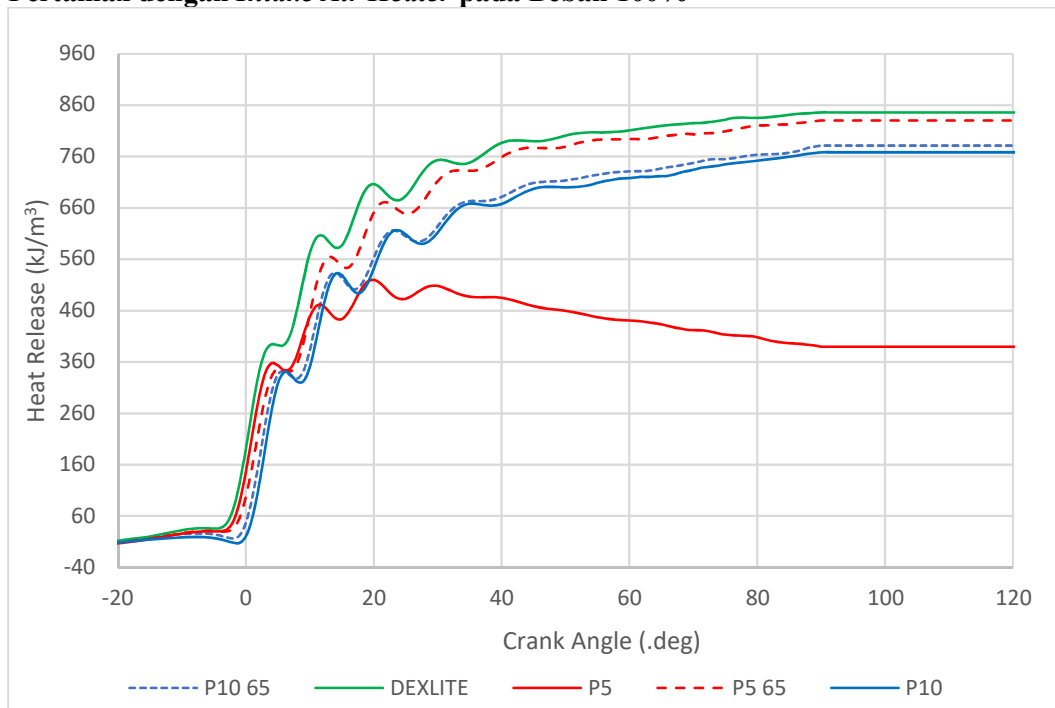


Gambar 4.19 Grafik *Heat Release* pada RPM 2200 dengan Beban 75%

Pada Gambar 4.19 grafik *heat release* dapat dilakukan analisa dengan membandingkan titik puncak tertinggi energi panas yang dicapai oleh tiap bahan bakar beserta penurunan jumlah energi panas nya. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai heat release untuk bahan bakar Dexlite pada RPM 2200 dan beban 75% adalah 744,62 kJ/m³ pada titik 90°CA ATDC, sedangkan untuk P05 nilai dari heat release pada RPM 2200 dan beban 75% adalah 730,50 kJ/m³ pada titik 90 °CA ATDC, pada bahan bakar P05 dengan *intake air heater* serta putaran mesin 2200 RPM dan beban 75% adalah 704,14 kJ/m³ pada titik 90°CA ATDC, untuk bahan bakar P10 pada RPM 2200 dan beban 75% adalah 728,93 kJ/m³ pada titik 90 °CA ATDC dan bahan bakar P10 dengan *intake air heater* pada RPM 2200 dan beban 75% adalah 722,80 kJ/m³ pada titik 90°CA ATDC Hal itu menunjukkan bahwa nilai energi tertinggi adalah pada bahan bakar Dexlite. sedangkan

dengan penambahan *intake air heater* meningkatkan nilai energi pada bahan bakar P05 tetapi berlaku sebaliknya pada bahan bakar P10.

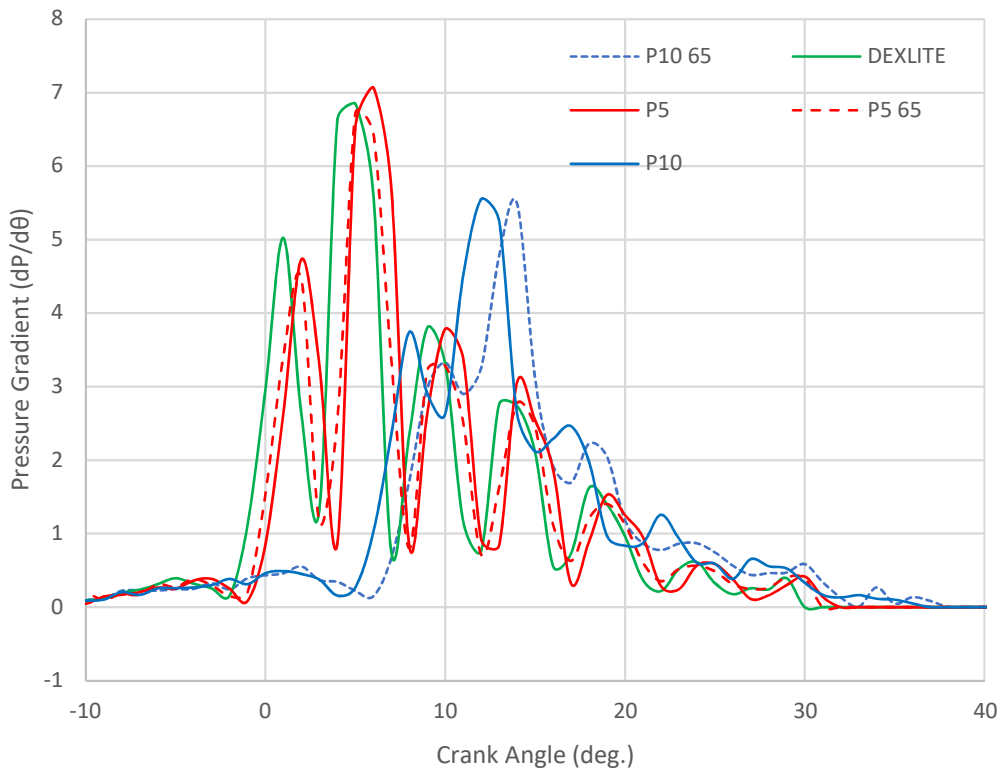
4.2.12 Analisa *Heat Release* Motor Diesel Berbahan Bakar campuran Dexlite dan Pertamina dengan *Intake Air Heater* pada Beban 100%



Gambar 4.20 Grafik *Heat Release* pada RPM 2200 dengan Beban 100%

Pada Gambar 4.20 grafik *heat release* dapat dilakukan analisa dengan membandingkan titik puncak tertinggi energi panas yang dicapai oleh tiap bahan bakar beserta penurunan jumlah energi panas nya. Pada grafik dapat dilihat bahwa nilai *heat release* untuk bahan bakar Dexlite pada RPM 2200 dan beban 100% adalah 846,06 kJ/m³ pada titik 90°CA ATDC, sedangkan untuk P05 nilai dari *heat release* pada RPM 2200 dan beban 100% adalah 519,85 kJ/m³ pada titik 20°CA ATDC, pada bahan bakar P05 dengan *intake air heater* serta putaran mesin 2200 RPM dan beban 100% adalah 830,11 kJ/m³ pada titik 90°CA ATDC, untuk bahan bakar P10 pada RPM 2200 dan beban 100% adalah 768,27 kJ/m³ pada titik 90°CA ATDC dan bahan bakar P10 dengan *intake air heater* pada RPM 2200 dan beban 100% adalah 781,33 kJ/m³ pada titik 90°CA ATDC. Hal itu menunjukkan bahwa nilai energi tertinggi adalah pada bahan bakar Dexlite. sedangkan dengan penambahan *intake air heater* meningkatkan nilai energi pada bahan bakar P05 maupun P10.

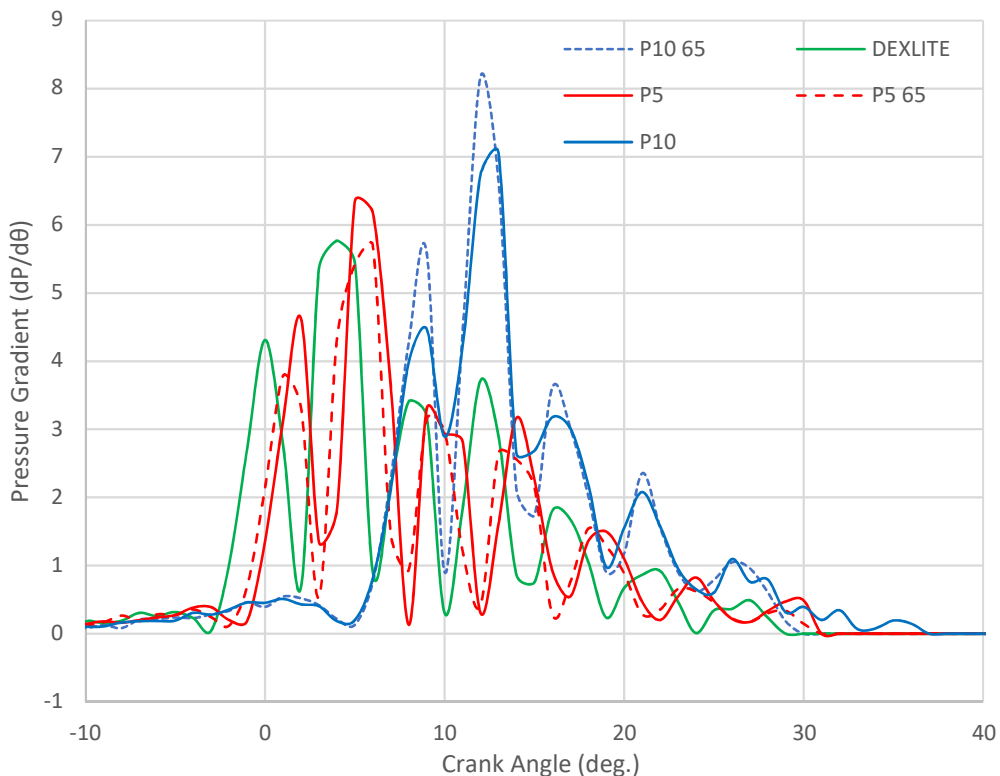
4.2.13 Analisa Knocking pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05 dan P10 dengan *Intake Air Heater* pada Beban 25%



Gambar 4.21 Grafik *Knock Detection* pada RPM 2200 dengan Beban 25%

Gambar 4.21 adalah grafik *Knock Detection* pada 2200 RPM dengan Beban 25% dari bahan bakar Dexlite, P5 dan P10 serta P5 dan P10 dengan *intake air temperature* 65°C. Dari grafik tersebut Dexlite memiliki nilai tertinggi sebesar 6,852 Bar pada posisi 5°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 1,130 kW, bahan bakar P5 memiliki nilai tertinggi sebesar 7,070 Bar pada posisi 6°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 1,122 kW, bahan bakar P5 + 65°C memiliki nilai tertinggi sebesar 6,710 Bar pada posisi 5°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 1,111 kW, bahan bakar P10 memiliki nilai tertinggi sebesar 5,551 Bar pada posisi 12°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 1,083 kW, bahan bakar P10 + 65°C memiliki nilai tertinggi sebesar 5,488 Bar pada posisi 14°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 1,116 kW. Sehingga pada 2200 RPM dan Beban 25% bahan bakar P5 memiliki nilai *knock* tertinggi. Penggunaan *Intake air heater* dapat mengurangi *knock* pada bahan bakar P5 dan P10, dan memiliki pengaruh berbeda terhadap posisi *peak pressure knocking* pada bahan bakar P5 posisi *peak pressure knocking* bergeser mendekati TDC sedangkan pada bahan bakar P10 berlaku sebaliknya.

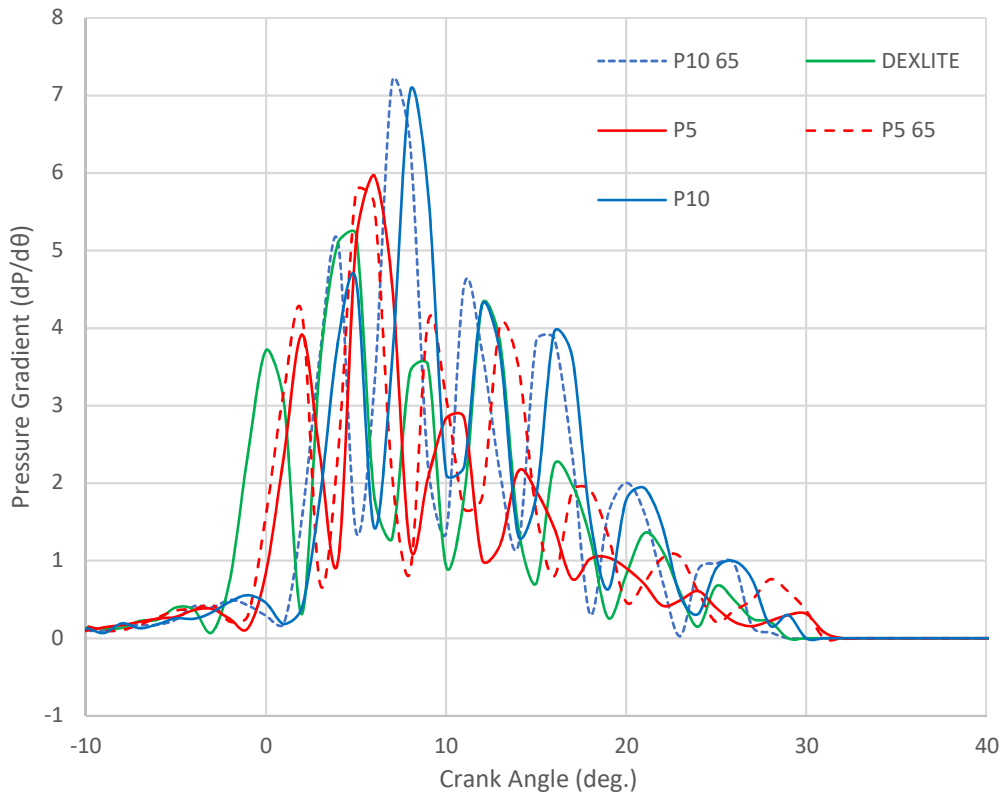
4.2.14 Analisa Knocking pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05 dan P10 dengan *Intake Air Heater* pada Beban 50%



Gambar 4.22 Grafik *Knock Detection* pada RPM 2200 dengan Beban 50%

Gambar 4.22 adalah grafik *Knock Detection* pada 2200 RPM dengan Beban 50% dari bahan bakar Dexlite, P5 dan P10 serta P5 dan P10 dengan *intake air temperature* 65°C. Dari grafik tersebut Dexlite memiliki nilai tertinggi sebesar 5,769 Bar pada posisi 4°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 2,337 kW, bahan bakar P5 memiliki nilai tertinggi sebesar 6,346 Bar pada posisi 5°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 2,373 kW, bahan bakar P5 + 65°C memiliki nilai tertinggi sebesar 5,425 Bar pada posisi 5°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 2,355 kW, bahan bakar P10 memiliki nilai tertinggi sebesar 7,057 Bar pada posisi 13°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 2,381 kW, bahan bakar P10 + 65°C memiliki nilai tertinggi sebesar 8,175 Bar pada posisi 12°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 2,386 kW. Sehingga pada 2200 RPM dan Beban 50% bahan bakar P10 + 65°C memiliki nilai *knock* tertinggi. Penggunaan *Intake air heater* dapat mengurangi *knock* pada bahan bakar P5 namun pada bahan bakar P10 berlaku sebaliknya, dan memiliki pengaruh berbeda terhadap posisi *peak pressure knocking* pada bahan bakar P5 posisi *peak pressure knocking* bergeser menjauhi TDC sedangkan pada bahan bakar P10 berlaku sebaliknya.

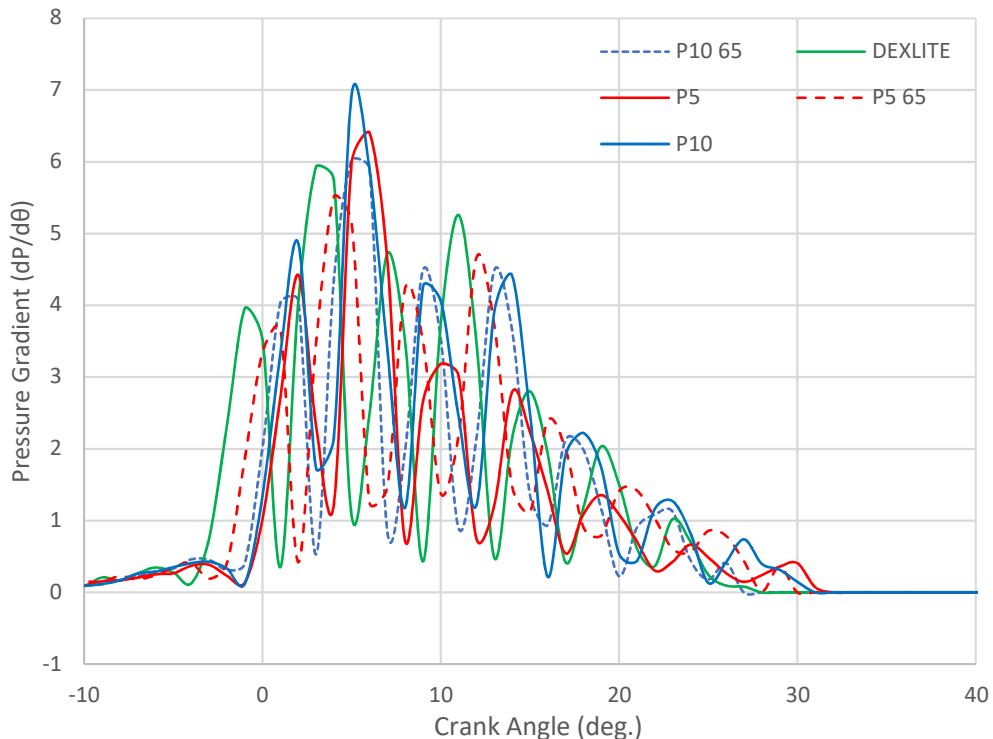
4.2.15 Analisa Knocking pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05 dan P10 dengan *Intake Air Heater* pada Beban 75%



Gambar 4.23 Grafik *Knock Detection* pada RPM 2200 dengan Beban 75%

Gambar 4.23 adalah grafik *Knock Detection* pada 2200 RPM dengan Beban 75% dari bahan bakar Dexlite, P5 dan P10 serta P5 dan P10 dengan *intake air temperature* 65°C. Dari grafik tersebut Dexlite memiliki nilai tertinggi sebesar 5,210 Bar pada posisi 5°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 3,644 kW, bahan bakar P5 memiliki nilai tertinggi sebesar 5,971 Bar pada posisi 6°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 3,626 kW, bahan bakar P5 + 65°C memiliki nilai tertinggi sebesar 5,764 Bar pada posisi 5°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 3,665 kW, bahan bakar P10 memiliki nilai tertinggi sebesar 7,050 Bar pada posisi 8°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 3,781 kW, bahan bakar P10 + 65°C memiliki nilai tertinggi sebesar 7,166 Bar pada posisi 7°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 3,760 kW. Sehingga pada 2200 RPM dan Beban 75% bahan bakar P10 + 65°C memiliki nilai *knock* tertinggi. Penggunaan *Intake air heater* dapat mengurangi *knock* pada bahan bakar P5 namun pada bahan bakar P10 berlaku sebaliknya, dan memiliki pengaruh terhadap posisi *peak pressure knocking* pada bahan bakar P5 dan P10 sehingga posisi *peak pressure knocking* bergeser mendekati TDC.

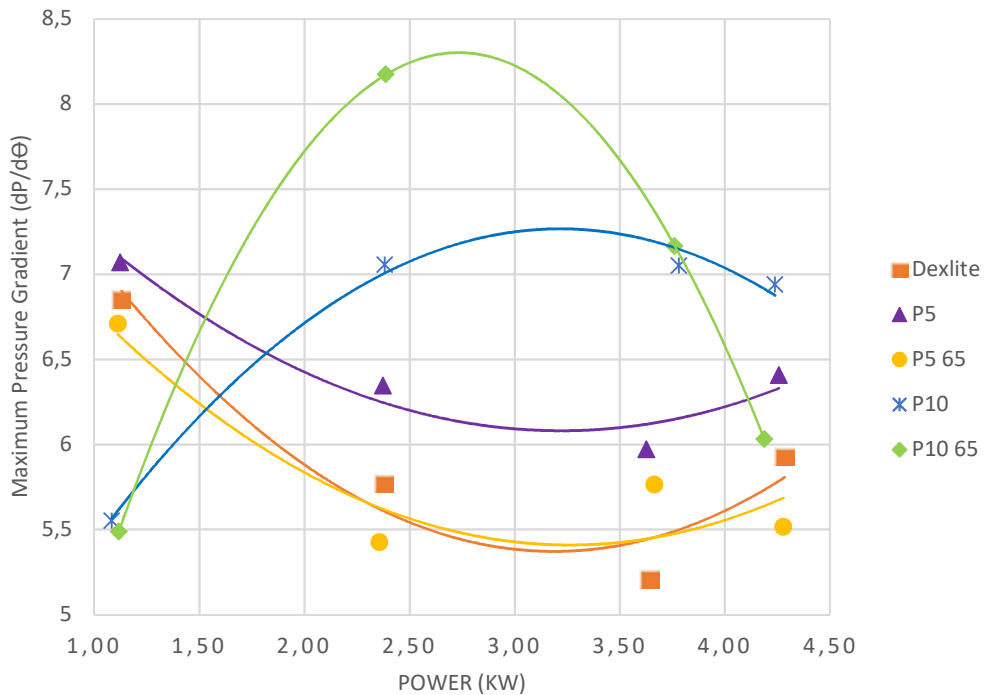
4.2.16 Analisa Knocking pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05 dan P10 dengan *Intake Air Heater* pada Beban 100%



Gambar 4.24 Grafik *Knock Detection* pada RPM 2200 dengan Beban 100%

Gambar 4.24 adalah grafik *Knock Detection* pada 2200 RPM dengan Beban 100% dari bahan bakar Dexlite, P5 dan P10 serta P5 dan P10 dengan *intake air temperature* 65°C. Dari grafik tersebut Dexlite memiliki nilai tertinggi sebesar 5,932 Bar pada posisi 3°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 4,284 kW, bahan bakar P5 memiliki nilai tertinggi sebesar 6,408 Bar pada posisi 6°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 4,256 kW, bahan bakar P5 + 65°C memiliki nilai tertinggi sebesar 5,515 Bar pada posisi 4°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 4,279 kW, bahan bakar P10 memiliki nilai tertinggi sebesar 6,939 Bar pada posisi 5°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 4,239 kW, bahan bakar P10 + 65°C memiliki nilai tertinggi sebesar 6,032 Bar pada posisi 5°CA ATDC dengan nilai *Power* sebesar 4,189 kW. Sehingga pada 2200 RPM dan Beban 100% bahan bakar P10 memiliki nilai *knock* tertinggi. Penggunaan *Intake air heater* dapat mengurangi *knock* pada bahan bakar P5 dan P10 dan memiliki pengaruh terhadap posisi *peak pressure knocking* pada bahan bakar P5 sehingga posisi *peak pressure knocking* bergeser mendekati TDC.

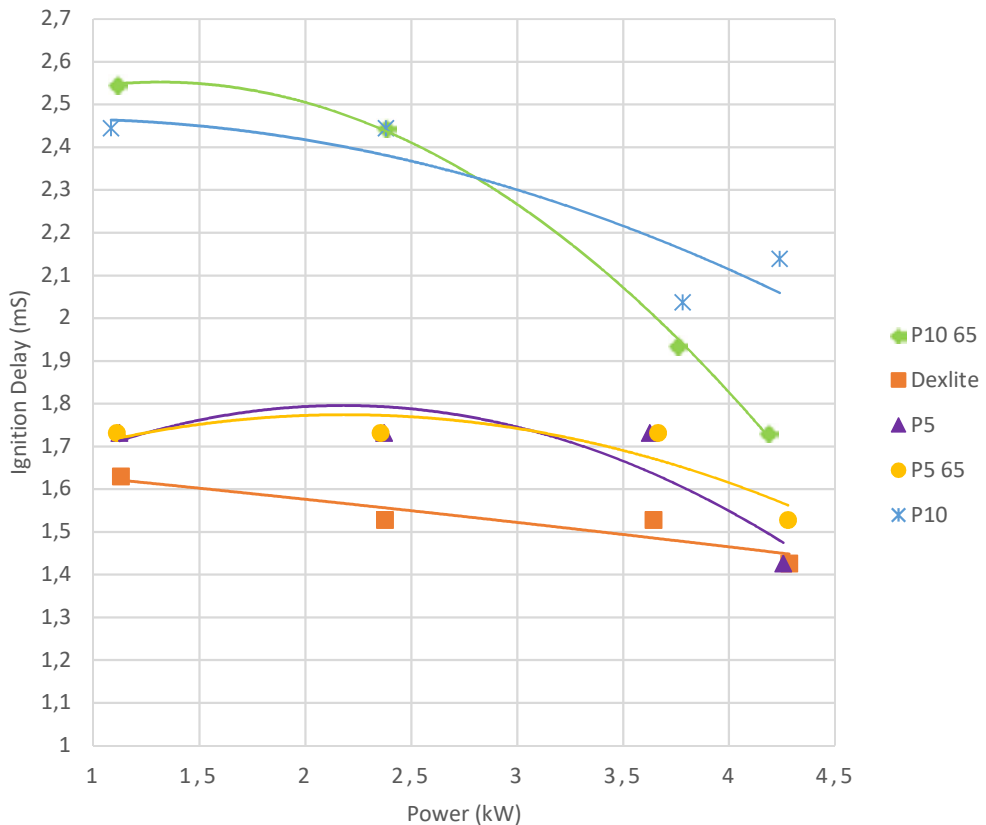
4.2.17 Analisa *Peak of Knocking* pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05 dan P10 dengan *Intake Air Heater*



Gambar 4.25 Grafik *Peak of Knocking* pada RPM 2200 dengan Variasi Beban

Dapat dilihat pada Gambar 4.25 grafik *peak of knocking* saat putaran mesin 2200 RPM dengan variasi beban dari bahan bakar Dexlite, P05 dan P10. Dari grafik diatas dapat diketahui bahwa bahan bakar dexlite memiliki nilai tertinggi sebesar 6,85 bar dengan *power* 1,13 kW pada beban 25%, untuk bahan bakar P5 memiliki nilai tertinggi sebesar 7,07 bar dengan *power* 1,12 kW, serta untuk bahan bakar P5 dengan *intake air heater* memiliki nilai tertinggi sebesar 6,71 bar dengan *power* 1,11 kW, sedangkan bahan bakar P10 memiliki nilai tertinggi sebesar 7,06 bar dengan *power* 2,38 kW dan bahan bakar P10 dengan *intake air heater* memiliki nilai sebesar 8,175 bar dengan *power* 2,39 kW.

4.2.18 Ignition Delay pada Proses Pembakaran Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05 dan P10 dengan *Intake Air Heater*



Gambar 4.26 Grafik *Ignition Delay* pada RPM 2200 dan Variasi Beban

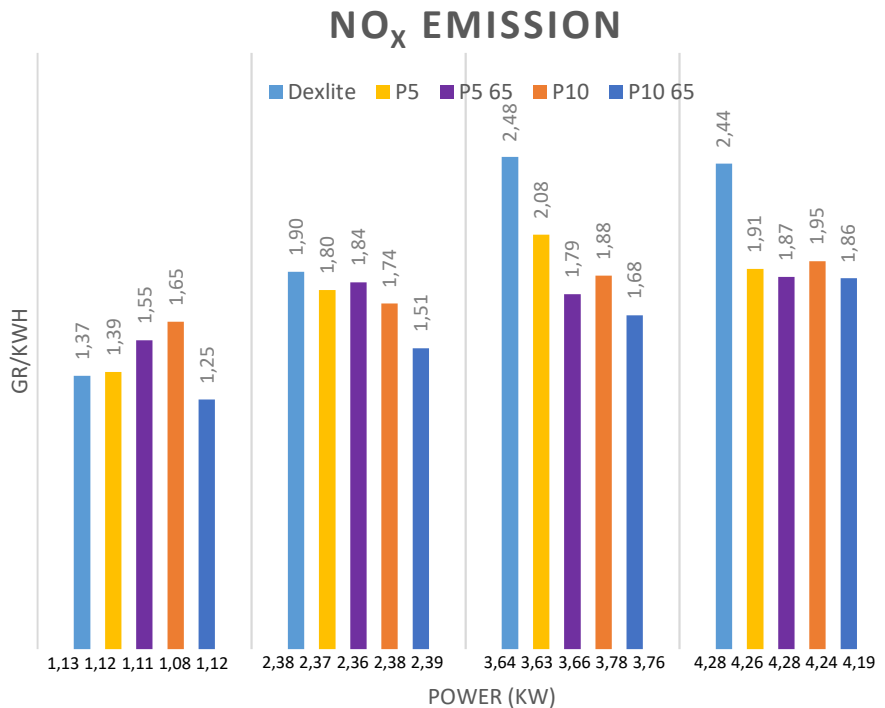
Gambar 4.26 adalah grafik *ignition delay* pada RPM 2200 dengan bahan bakar Dexlite, P5, dan P10 serta P5 dan P10 dengan *intake air temperature* 65°C. Pada beban 25% bahan bakar Dexlite memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,629 mS dengan *Power* sebesar 1,129 kW, P5 memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,731 mS dengan *Power* sebesar 1,121 kW, P5 + 65°C memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,731 mS dengan *Power* sebesar 1,110 kW, P10 memiliki durasi *Ignition Delay* selama 2,444 mS dengan *Power* sebesar 1,082 kW dan P10 + 65°C memiliki durasi *Ignition Delay* selama 2,546 mS dengan *Power* sebesar 1,115 kW. Pada beban 50% bahan bakar Dexlite memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,527 mS dengan *Power* sebesar 2,376 kW, P5 memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,731 mS dengan *Power* sebesar 2,372 kW, P5 + 65°C memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,731 mS dengan *Power* sebesar 2,355 kW, P10 memiliki durasi *Ignition Delay* selama 2,444 mS dengan *Power* sebesar 2,381 kW dan P10 + 65°C memiliki durasi *Ignition Delay* selama 2,444 mS dengan *Power* sebesar 2,386 kW. Pada beban 75% bahan bakar Dexlite memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,527 mS dengan *Power* sebesar 3,643 kW, P5 memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,731

mS dengan *Power* sebesar 3,626 kW, P5 + 65°C memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,731 mS dengan *Power* sebesar 3,664 kW, P10 memiliki durasi *Ignition Delay* selama 2,037 mS dengan *Power* sebesar 3,781 kW dan P10 + 65°C memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,935 mS dengan *Power* 3,760 kW. Pada beban 100% bahan bakar Dexlite memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,425 mS dengan *Power* sebesar 4,284 kW, P5 memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,425 mS dengan *Power* sebesar 4,256 kW, P5 + 65°C memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,527 mS dengan *Power* sebesar 4,278 kW, P10 memiliki durasi *Ignition Delay* selama 2,138 mS dengan *Power* sebesar 4,239 kW dan P10 + 65°C memiliki durasi *Ignition Delay* selama 1,731 mS dengan *Power* 4,188 kW. Dapat dilihat dengan menambahkan campuran Pertamina pada bahan bakar Dexlite membuat durasi *Ignition Delay* semakin lama, yang disebabkan dari turunnya angka cetane pada bahan bakar tersebut. Durasi *ignition delay* yang lama juga disebabkan dari nilai oktan yang tinggi pada bahan bakar Pertamina sehingga sifat *anti auto-ignition* semakin kuat. Dengan penambahan *intake air heater* yang diset pada temperatur 65°C membuat durasi *ignition delay* menjadi berkurang terutama pada beban tinggi.

4.3 Kandungan Emisi pada Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05 dan P10 dengan *Intake Air Heater*

Secara umum, penyebab utama munculnya emisi yang beracun adalah karena hasil proses pembakaran motor diesel yang tidak sempurna. Salah satu diantara emisi tersebut adalah NOx. Emisi NOx terbentuk selama proses pembakaran berlangsung. NOx dapat terbentuk karena oksigen dan nitrogen bebas bertemu pada kondisi temperatur ruang bakar yang sangat tinggi. Emisi HC atau *hydrocarbon* terbentuk karena *air to fuel ratio* yang bersifat terlalu kaya sehingga banyak bahan bakar yang terbuang serta adanya *misfire*.

4.3.1 Kandungan NO_x pada Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05 dan P10 dengan Penambahan *Intake Air Heater*



Gambar 4.27 Diagram Batang kadar NO_x pada RPM 2200 dan Variasi Beban

Gambar 4.27 adalah Diagram batang kadar NO_x pada kondisi 2200 RPM dan variasi beban pada motor diesel dengan bahan bakar dexlite, P5 dan P10 serta P5 dan P10 dengan penambahan *Intake Air Heater*. Pencampuran bahan bakar pertamax dimaksudkan untuk mereduksi kadar emisi NO_x yang dihasilkan oleh bahan bakar dexlite, serta dapat mengurangi temperatur saat proses pembakaran. Pada penelitian ini perlu dilakukan pengujian terhadap kadar NO_x untuk melihat pengaruh dari penambahan pertamax pada bahan bakar dexlite dan *intake air heater*.

Dari hasil pengamatan grafik, kadar emisi NO_x yang dihasilkan bahan bakar Dexlite mulai dari beban 25%, 50%, 75% dan 100% secara berturut-turut adalah 1,37 g/kWh, 1,89 g/kWh, 2,48 g/kWh dan 2,44 g/kWh serta nilai *power* yang dihasilkan mesin secara berturut-turut sebesar 1,13 kW, 2,38 kW, 3,64 kW, dan 4,28 kW.

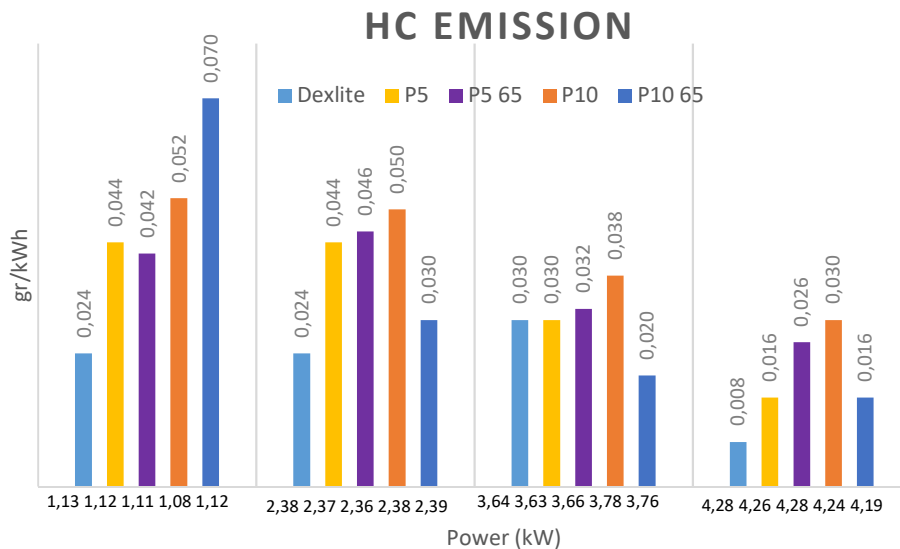
Kadar emisi NO_x yang dihasilkan bahan bakar P5 mulai dari beban 25%, 50%, 75% dan 100% secara berturut-turut adalah 1,39 g/kWh, 1,80 g/kWh, 2,08 g/kWh dan 1,91 g/kWh serta nilai *power* yang dihasilkan mesin secara berturut-turut sebesar 1,13 kW, 2,37 kW, 3,63 kW dan 4,26 kW.

Pada bahan bakar P5 ditambah dengan *intake air heater* yang mempertahankan suhu udara masuk pada 65°C, kadar emisi NO_x yang dihasilkan mulai dari beban 25%, 50%, 75% dan 100% secara berturut-turut adalah 1,55 g/kWh, 1,84 g/kWh, 1,78 g/kWh dan 1,84 g/kWh serta nilai *power* yang dihasilkan mesin secara berturut-turut sebesar 1,11 kW, 2,37 kW, 3,66 kW, dan 4,26 kW.

Selanjutnya kadar emisi NOx yang dihasilkan bahan bakar P10 mulai dari beban 25%, 50%, 75% dan 100% secara berturut-turut adalah 1,64 g/kWh, 1,73 g/kWh, 1,87 g/kWh dan 1,95 g/kWh serta nilai *power* yang dihasilkan mesin secara berturut-turut sebesar 1,08 kW, 2,38 kW, 3,78 kW dan 4,24 kW.

Untuk Bahan bakar P10 dengan *intake air heater* yang mempertahankan suhu udara masuk pada 65°C, kadar emisi NOx yang dihasilkan mulai dari 1, 2, 3 dan 4 secara berturut-turut adalah 1,25 g/kWh, 1,51 g/kWh, 1,67 g/kWh dan 1,86 g/kWh serta nilai *power* yang dihasilkan mesin secara berturut-turut sebesar 1,12 kW, 2,39 kW, 3,76 kW, dan 4,19 kW. Secara keseluruhan penurunan paling besar terlihat pada bahan bakar P10 dengan *intake air heater*, pada beban 25% dapat mereduksi NOx sebanyak 8,69% jika dibandingkan dengan dextrite, pada beban 50% dapat berkurang sebanyak 20,27% selanjutnya pada beban 75% dapat berkurang sebanyak 32,17% dan pada beban 100% dapat berkurang sebanyak 23,64%.

4.3.2 Kandungan HC pada Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05 dan P10 dengan Penambahan *Intake Air Heater*



Gambar 4.28 Diagram Batang kadar HC pada RPM 2200 dan Variasi Beban

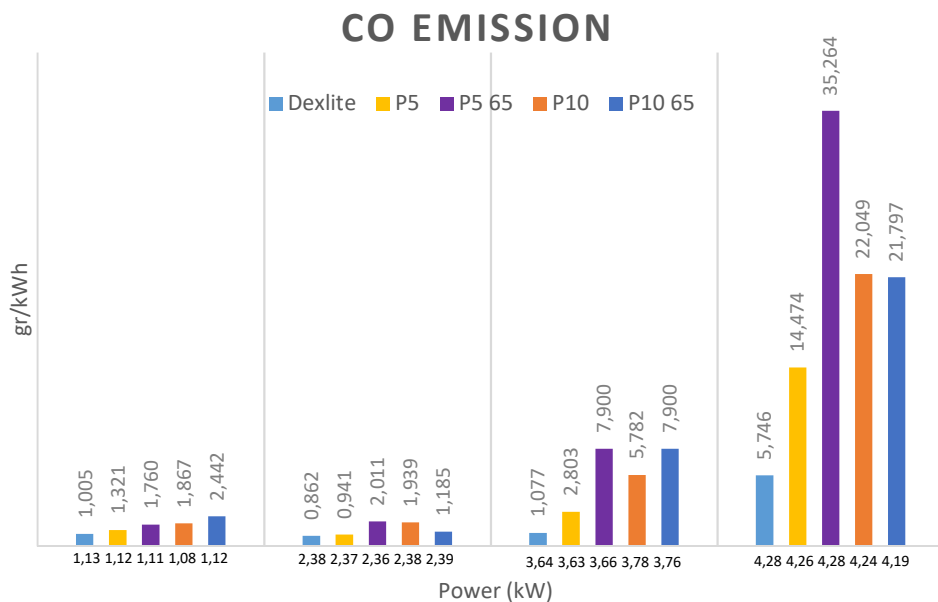
Gambar 4.28 adalah Diagram batang kadar *Hydrocarbon* (HC) pada kondisi 2200 RPM dan variasi beban pada motor diesel dengan bahan bakar Dexlite, P5 dan P10 serta P5 dan P10 dengan penambahan *Intake Air Heater*. Pencampuran bahan bakar pertamax dengan dexlite kekurangan memberikan efek yaitu memperpanjang durasi *ignition delay* yang dapat membuat bahan bakar tidak terbakar secara sempurna. Pada penelitian ini perlu dilakukan pengujian terhadap kadar HC untuk melihat pengaruh dari penambahan pertamax pada bahan bakar dexlite dan pengaruh dari penggunaan *intake air heater*.

Dapat dilihat pada beban 25% bahan bakar P10 dengan *intake air heater* menghasilkan nilai HC tertinggi dengan nilai 0,070 gr/kWh sedangkan dexlite hanya sebesar 0,024 gr/kWh dengan selisih peningkatan sebanyak 191.66 %. Ini diakibatkan karena udara yang kurang rapat akibat dari suhu udara yang lebih tinggi sebesar 65°C, sehingga kandungan oksigen semakin berkurang dan pembakaran tidak dapat terjadi dengan sempurna.

Pada beban 50% dapat dilihat bahwa penambahan *intake air heater* pada bahan bakar P5 membuat nilai HC meningkat sebesar 4,54% dibandingkan *P5 tanpa intake air heater* sedangkan pada bahan bakar P10 nilai HC berkurang sebesar 40% dibandingkan P10 tanpa *intake air heater*, serta saat beban 75% dengan penambahan *intake air heater* pada bahan bakar P5 mengalami peningkatan sebesar 6,66% dibandingkan P5 tanpa *intake air heater*, untuk bahan bakar P10 mengalami penurunan nilai HC sebesar 47,36 % dibandingkan P10 tanpa *intake air heater*.

Namun pada beban 100% dapat dilihat bahwa kadar HC untuk bahan bakar P10 dengan *intake air heater* menghasilkan 0,016 gr/kWh sedangkan dexite menghasilkan nilai sebesar 0,008 gr/kWh sehingga ada peningkatan sebesar 100%. Jika dibandingkan dengan P10 tanpa *intake air heater* memiliki nilai 0,030 gr/kWh sehingga jika ditambahkan dengan *intake air heater* dapat mengurangi nilai HC sebesar 46,66% karena pada beban 100%, *ignition delay* pada bahan bakar P10 dapat dikurangi sehingga pembakaran dapat terjadi lebih sempurna.

4.3.3 Kandungan CO pada Motor Diesel Berbahan Bakar Dexlite, P05 dan P10 dengan Penambahan *Intake Air Heater*



Gambar 4.29 Diagram Batang kadar CO pada RPM 2200 dan Variasi Beban

Gambar 4.29 adalah Diagram batang kadar *Carbon Monoxide* (CO) pada kondisi 2200 RPM dan variasi beban pada motor diesel dengan bahan bakar Dexlite, P5 dan P10 serta P5 dan P10 dengan penambahan *Intake Air Heater*. Pencampuran bahan bakar pertamax dengan Dexlite memiliki efek yaitu memperpanjang durasi *ignition delay* yang dapat membuat bahan bakar tidak terbakar secara sempurna serta adanya defisiensi udara pada ruang bakar akibat bahan bakar pertamax lebih sulit terbakar dibandingkan dexlite dan penggunaan dexlite memiliki kandungan biodiesel kurang dari 20% yang membuat kandungan oksigen pada bahan bakar bertambah, sehingga ketika bahan bakar tidak terbakar dengan sempurna, oksigen yang terbakar akan bergabung dengan bahan bakar yang juga tidak terbakar membentuk CO karena jumlah oksigen lebih sedikit dibandingkan dengan bahan bakar, jika oksigen lebih banyak maka akan terbentuk CO₂. Pada penelitian ini perlu dilakukan pengujian terhadap kadar CO untuk melihat pengaruh dari penambahan pertamax pada bahan bakar dexlite serta penambahan *intake air heater*.

Dapat dilihat dari grafik tersebut pada beban 25% bahwa penambahan pertamax pada bahan bakar dexlite meningkatkan nilai CO sebesar 31,44% pada campuran P05 dibandingkan dengan bahan bakar dexlite sedangkan bahan bakar P10 terjadi peningkatan sebesar 85,77%, saat beban 50% bahan bakar P05 mengalami kenaikan nilai CO sebesar 9,16% dibandingkan dengan bahan bakar dexlite dan P10 memiliki kenaikan nilai CO sebesar 124,94%. ketika beban 75% bahan bakar P05 terus mengalami peningkatan CO sebesar 160.25% dibandingkan dengan bahan bakar dexlite dan P10 juga terjadi peningkatan sebesar 436.86%. sedangkan pada beban 100% peningkatan nilai CO semakin tinggi akibat dari jumlah bahan bakar yang diinjeksikan semakin bertambah pada bahan bakar P05 terjadi penambahan sebesar 151,89% dan pada bahan bakar P10 terjadi penambahan sebesar 283.72%.

Dengan penambahan *intake air heater* maka suhu udara masuk dapat dijaga di 65°C, dapat dilihat pada grafik untuk bahan bakar P5 yang diberi *Intake Air Heater* pada beban 25% mengalami peningkatan CO sebesar 33,23% dibandingkan dengan P5 tanpa *intake air heater*, untuk bahan bakar P10 juga mengalami peningkatan sebesar 30,79% dibandingkan dengan bahan bakar P10 tanpa *intake air heater*, pada beban 50% untuk bahan bakar P5 mengalami kenaikan sebesar 113,70% dibandingkan dengan P5 tanpa *intake air heater* sedangkan untuk bahan bakar P10 mengalami penurunan sebesar 38,88% dibandingkan dengan P10 tanpa *intake air heater*, untuk kondisi beban 75% bahan bakar P5 mengalami kenaikan sebesar 181,84% dibandingkan dengan P5 tanpa *intake air heater* dan untuk bahan bakar P10 terjadi kenaikan sebesar 36,63% dibandingkan dengan bahan bakar P10 tanpa *intake air heater*, pada beban 100% bahan bakar P5 mengalami peningkatan nilai CO sebesar 141,04% dibandingkan dengan P5 tanpa *intake air heater* sedangkan bahan bakar P10 mengalami penurunan sebesar 1,14% dibandingkan P10 tanpa *intake air heater*.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil uji coba yang telah dilakukan pada penelitian ini dengan menggunakan bahan bakar campuran dari dextrite dan pertamax serta dengan penambahan *intake air heater* dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Performa yang dihasilkan oleh campuran bahan bakar pertamax dan dextrite pada 1800 RPM bahan bakar dextrite memiliki *power* tertinggi dengan nilai 2,89 kW lebih tinggi dari bahan bakar lain sekitar 17,89% serta memiliki torsi sebesar 15,34 Nm dan BMEP sebesar 62258,06 N/m² nilai tersebut merupakan nilai tertinggi dibandingkan dengan bahan bakar lain, sedangkan pada putaran 1900 RPM semua bahan bakar memiliki nilai yang tidak terlalu terpaut jauh tetapi pada putaran 2000 RPM bahan bakar P10 + 65°C memiliki *power* 3,63 kW lebih tinggi sebesar 16,69% dibandingkan dextrite, serta nilai torsi sebesar 17,40 Nm dan BMEP sebesar 70602,60 N/m², lalu pada putaran 2100 RPM P5 + 65°C memiliki nilai *power* sebesar 2,17 kW jauh lebih rendah dibanding bahan bakar lain dengan selisih 53,55% dengan bahan bakar dextrite, serta nilai torsi sebesar 9,88 Nm dan BMEP sebesar 40114,08 N/m² dan pada putaran 2200 RPM bahan bakar P10 memiliki nilai *power* tertinggi sebesar 3,78 kW lebih tinggi 3,77% dibandingkan dengan dextrite, torsi sebesar 16,43 Nm dan BMEP sebesar 66679,96 N/m².
2. Pada analisa proses pembakaran, penggunaan campuran bahan bakar pertamax pada dextrite adalah sebagai berikut:
 - a. Penambahan komposisi bahan bakar pertamax pada campuran bahan bakar dextrite memiliki pengaruh memperlambat *ignition delay*, semakin banyak komposisi campuran pertamax maka *ignition delay* juga semakin panjang hal ini dapat dilihat pada gambar 4.21 grafik *ignition delay* karena pada bahan bakar pertamax terdapat *anti-auto ignition* yang membuat bahan bakar menjadi lebih sulit terbakar serta menurunkan nilai cetane number dari campuran bahan bakar tersebut. tetapi dengan penambahan alat *intake air heater*, *ignition delay* dapat dikurangi pada campuran bahan bakar P5 dan P10 .
 - b. Pada bahan bakar P5 dan P10, penambahan komposisi pertamax menyebabkan nilai *maximum pressure* menjadi berkurang akibat dari lamanya *ignition delay* yang terjadi pada bahan bakar P5 dan P10 serta *peak* dari *maximum pressure* juga bergeser menjauhi TDC namun semakin tinggi beban *peak* dari *maximum pressure* pada bahan bakar P5 dan P10 bergeser mendekati *peak* dari *maximum pressure* pada bahan bakar dextrite.
 - c. Pada grafik *rate of heat release*, nilai dari *peak of heat release* terus berkurang seiring dengan penambahan beban yang diberikan, untuk perbandingan nilai dari *Peak of heat release* bahan bakar P10 memiliki

peak dari *rate of heat release* dominan lebih tinggi dibandingkan bahan bakar lain.

- d. Pada grafik *Knock detection*, bahan bakar dengan campuran pertamax memiliki nilai *peak of knock* yang lebih tinggi terutama dengan semakin banyaknya komposisi pertamax pada bahan bakar tersebut. Pengaruh *intake air heater* dapat menggeser *peak of knock* menuju TDC serta dapat mengurangi nilai *peak of knock* pada beban tinggi.
3. Dari pengujian emisi NOx dapat dikurangi terutama pada beban tinggi karena dengan *ignition delay* yang panjang dapat mengurangi temperatur pada ruang bakar terutama pada bahan bakar P10 dengan *Intake air heater* rata-rata pada tiap beban dapat mereduksi NOx sebanyak 21,19%. Tetapi untuk emisi HC terjadi peningkatan sekitar 145,83% dan untuk CO terjadi peningkatan sekitar 233,13% akibat banyaknya bahan bakar yang tidak dapat terbakar dengan sempurna.

5.2 Saran

Dengan dilakukan penelitian mengenai *Gasoline Compression Ignition* berbahan bakar campuran antara pertamax dan dexlite, penulis memiliki saran agar penelitian ini dapat terus dikembangkan lebih baik lagi. Saran tersebut diantaranya :

- a. Peneliti selanjutnya dapat mengubah *injection timing* untuk mendapatkan pembakaran yang lebih sempurna serta mengurangi nilai dari *ignition delay* dan dapat merubah tekanan *injector* menjadi lebih tinggi sehingga bahan bakar dapat tercampur lebih homogen pada ruang bakar dan mendapat *ignition delay* yang lebih singkat.

DAFTAR PUSTAKA

Adams CA, Loeper P, Krieger R, Andrie MJ, Foster DE. 2013. Effects of biodiesel gasoline blends on gasoline direct-injection compression ignition (GCI) combustion. *Fuel* 111 (2013) 784–790

James O'Brien. U.S. Department of Energy. 1993. DOE Fundamentals Handbook Mechanical Science Volume 1 of 2. DOE-HDBK-1018/1-93

Joshua Lacey, Karthik Kameshwaran, Sakthish Sathasivam, Zoran Filipi, William Cannella, Peter A Fuentes-Afflick. 2016. Effects Refinery Stream Gasoline Property Variation On The Auto-Ignition Quality Of A Fuel And Homogeneous Charge Compression Ignition Combustion. sagepub.co.uk/journalsPermissions.nav DOI: 10.1177/1468087416647646 jcr.sagepub.com

K.D. Rose, J. Ariztegui, R.F. Cracknell, T. Dubois, H.D.C. Hamje LP, Rickeard, D.J. B. Heuser, T. Schnorbus AFK. 2014. Exploring a gasoline compression ignition (GCI) engine concept. *SAE Int J Fuels Lubr* 2014:1–54.

Misra RD, Murthy MS. 2011. Blending of additives with biodiesels to improve the cold flow properties, combustion and emission performance in a compression ignition engine - A review. *Renew Sustain Energy Rev* 2011;15:2413–22. doi:10.1016/j.rser.2011.02.023.

Putrasari Y. dan Lim O. 2017. A study on combustion and emission of GCI engines fueled with gasoline-biodiesel blends. *Fuel* 189 (2017) 141-154

Putrasari Y. dan Lim O. 2017. Performance and Emission of Gasoline Compression Ignition Engine Fueled with 5 and 20% Gasoline-Biodiesel Blends under Single Injection Strategy. *Engine Procedia* 105 (2017) 1743-1750

Yang B, Li S, Zheng Z, Yao M, Cheng W. 2012. A Comparative Study on Different Dual-Fuel Combustion Modes Fuelled with Gasoline and Diesel. *SAE Int* 2012;694. doi:10.4271/2012-01-0694.

Zhang F, Rezaei S Zeraati, Xu H, Shuai S-J. 2014. Experimental investigation of different blends of diesel and gasoline (dieseline) in a CI engine. *SAE Int J Engines* 2014;7:1920–30

Zhong S, Wyszynski ML, Megaritis A, Yap D, Xu H. 2005. Experimental Investigation into HCCI Combustion Using Gasoline and Diesel Blended Fuels. *SAE Int J Engines* 2005. doi:10.4271/2005-01-3733.

“Halaman Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN

Lampiran 1 : Rumus Peforma

Rumus Perhitungan Performansi

- **Daya Motor**

Daya motor adalah parameter dalam menentukan performa motor. Pengertian dari daya itu adalah besarnya kerja motor dalam kurun waktu tertentu.

$$P = \frac{v \times i \times \cos \phi}{eff \text{ gen} \times eff \text{ slip}}$$

Dimana :

P : daya (kW)

V : tegangan listrik (Volt)

I : arus listrik (Ampere)

Cos ϕ : 0.9

Eff Gen : effisiensi generator (0.85)

Eff Slip : effisisensi slip (hitung)

- **Specific Fuel Oil Consumption (SFOC)**

Konsumsi bahan bakar spesifik atau Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) adalah parameter unjuk kerja motor yang berhubungan langsung dengan nilai ekonomis sebuah motor, karena dengan mengetahui hal ini dapat dihitung jumlah bahan bakar yang dibutuhkan untuk menghasilkan sejumlah daya dalam selang waktu tertentu.

$$FCR = \frac{v \times \rho}{t}$$

Dimana :

FCR : laju aliran bahan bakar (gr/h)

ρ : massa jenis bahan bakar (gr/m³)

v : volume bahan bakar (m³)

t : waktu yang diperlukan menghabiskan bahan bakar sebanyak 10 ml

$$SFOC = \frac{FCR}{P}$$

Dimana :

SFOC : konsumsi spesifik bahan bakar
(gr/kWh)
FCR : laju aliran bahan bakar (gr/h)
P : daya (kW)

- **Torsi**

Besaran torsi adalah besaran turunan yang biasa digunakan untuk menghitung energi yang dihasilkan dari benda yang berputar pada porosnya.

$$T = \frac{P \times 60000}{2 \pi \times rpm}$$

Dimana :

T : torsi (Nm)
P : daya (kW)
Rpm : putaran motor diesel (rpm)

- **BMEP**

Tekanan efektif rata-rata didefinisikan sebagai tekanan efektif dari fluida kerja terhadap piston sepanjang langkahnya untuk menghasilkan kerja per-siklus.

$$BMEP = \frac{P \times Z \times 1000}{V \times 2 \times 3,14 \times rps \times i}$$

Dimana :

BMEP : tekanan efektif rata-rata (N/m²)
P : daya (kW)
Z : konstanta 2 untuk 4-stroke
V : volume langkah (m³)
I : jumlah silinder

Lampiran II : Hasil Perhitungan Peforma

Tabel Perhitungan Performa Bahan Bakar Dexlite

RPM	Beban	RPM Engine	RPM Generator	V	I	t (s)	Eff Slip	Power (Watt)	Power (kW)	p BB (gr/m3)	Vol BB (m3)	t (h)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kWh)	Torsi (Nm)	Rps	Vol R Bakar (m3)	BMEP (N/m2)
1800	0	1803	1306	146	0	160	0.9924	0.000	0.000	845000	0.00002	0.04444	380.25	-	0.00	30.05	0.000493	0
1800	1000	1803	1302	178	3.74	136	0.9893	712.491	0.712	845000	0.00002	0.03778	447.35	627.872	3.78	30.05	0.000493	15316.46
1800	2000	1802	1301	191	7.83	88	0.9891	1600.942	1.601	845000	0.00002	0.02444	691.36	431.848	8.49	30.03333	0.000493	34434.64
1800	3000	1797	1290	193	11.9	68	0.9835	2472.667	2.473	845000	0.00002	0.01889	894.71	361.838	13.15	29.95	0.000493	53332.54
1800	4000	1800	1288	193	13.87	62	0.9803	2891.302	2.891	845000	0.00002	0.01722	981.29	339.394	15.35	30	0.000493	62258.06
1900	0	1903	1375	174	0	148	0.9899	0.000	0.000	845000	0.00002	0.04111	411.08	-	0.00	31.71667	0.000493	0.00
1900	1000	1896	1368	190	3.88	118	0.9885	789.661	0.790	845000	0.00002	0.03278	515.59	652.93	3.98	31.6	0.000493	16142.73
1900	2000	1905	1372	204	8.12	91	0.9867	1777.584	1.778	845000	0.00002	0.02528	668.57	376.1125	8.92	31.75	0.000493	36166.78
1900	3000	1895	1361	206	12.52	64	0.9839	2731.065	2.731	845000	0.00002	0.01778	950.63	348.0785	13.77	31.58333	0.000493	55859.56
1900	4000	1903	1364	207	14.42	49	0.9820	3218.571	3.219	845000	0.00002	0.01361	1241.63	385.7715	16.16	31.71667	0.000493	65553.96
2000	0	2000	1447	189	0	130	0.9912	0.000	0.000	845000	0.00002	0.03611	468.00	-	0.00	33.33333	0.000493	0.00
2000	1000	1998	1441	207	4.07	110	0.9881	902.816	0.903	845000	0.00002	0.03056	553.09	612.6286	4.32	33.3	0.000493	17513.72
2000	2000	1999	1438	215	8.38	84	0.9855	1935.706	1.936	845000	0.00002	0.02333	724.29	374.1713	9.25	33.31667	0.000493	37531.96
2000	3000	1999	1433	220	12.77	58	0.9821	3028.888	3.029	845000	0.00002	0.01611	1048.97	346.3204	14.48	33.31667	0.000493	58727.98
2000	4000	2000	1432	219	14.9	46	0.9809	3522.252	3.522	845000	0.00002	0.01278	1322.61	375.5009	16.83	33.33333	0.000493	68259.81
2100	0	2099	1518	208	0	148	0.9908	0.000	0.000	845000	0.00002	0.04111	411.08	-	0.00	34.98333	0.000493	0.00
2100	1000	2098	1515	223	4.24	116	0.9893	1011.968	1.012	845000	0.00002	0.03222	524.48	518.2802	4.61	34.96667	0.000493	18695.44
2100	2000	2096	1509	229	8.68	81	0.9863	2133.832	2.134	845000	0.00002	0.02225	751.11	352.001	9.73	34.93333	0.000493	39458.78
2100	3000	2104	1510	234	13.25	54	0.9832	3338.901	3.339	845000	0.00002	0.015	1126.67	337.4364	15.16	35.06667	0.000493	61508.12
2100	4000	2102	1505	233	15.43	34	0.9809	3880.798	3.881	845000	0.00002	0.00944	1789.41	461.0937	17.64	35.03333	0.000493	71558.80
2200	0	2198	1585	225	0	128	0.9879	0.000	0.000	845000	0.00002	0.03556	475.31	-	0.00	36.63333	0.000493	0.00
2200	1000	2200	1586	240	4.39	116	0.9876	1129.531	1.130	845000	0.00002	0.03222	524.48	464.3366	4.91	36.66667	0.000493	19899.87
2200	2000	2199	1583	246	9	76	0.9862	2376.977	2.377	845000	0.00002	0.02111	800.53	336.7834	10.33	36.65	0.000493	41896.18
2200	3000	2199	1576	247	13.68	52	0.9819	3643.805	3.644	845000	0.00002	0.01444	1170.00	321.093	15.83	36.65	0.000493	64225.06
2200	4000	2204	1581	249	15.97	38	0.9827	4284.370	4.284	845000	0.00002	0.01056	1601.05	373.6961	18.57	36.73333	0.000493	75344.25

Tabel Perhitungan Performa Bahan Bakar P5

RPM	Beban	RPM.Engine	RPM Generator	V	I	t (s)	Eff Slip	Power (Watt)	Power (kW)	p BB (kg/m ³)	Vol BB (m ³)	t (h)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kWh)	Torsi (Nm)	Rps	Vol R.Bakar (m ³)	BMEP (N/m ²)
1800	0	1795	1298	148	0	190	0.9907	0	0	829000	0.00002	0.0527778	314.15	-	0	29.91667	0.000493	0
1800	1000	1799	1297	174	3.71	158	0.9877	692.02	0.692	829000	0.00002	0.0438889	377.77	545.8994	3.675173	29.98333	0.000493	14909.4245
1800	2000	1804	1300	189	7.81	94	0.9873	1583.10	1.583	829000	0.00002	0.0261111	634.98	401.0977	8.384248	30.06667	0.000493	34013.1759
1800	3000	1796	1291	192	11.88	68	0.9848	2452.45	2.452	829000	0.00002	0.0188889	877.76	357.9129	13.04626	29.93333	0.000493	52926.0066
1800	4000	1797	1290	192	13.85	56	0.9835	2862.94	2.863	829000	0.00002	0.0155556	1065.86	372.2945	15.22145	29.95	0.000493	61750.2886
1900	0	1901	1375	168	0	182	0.9909	0.00	0.000	829000	0.00002	0.0505556	327.96	-	0	31.68333	0.000493	0
1900	1000	1899	1371	190	3.89	130	0.9891	791.21	0.791	829000	0.00002	0.0361111	459.14	580.2965	3.980708	31.65	0.000493	16148.9187
1900	2000	1896	1366	202	8.1	88	0.9870	1755.20	1.755	829000	0.00002	0.0244444	678.27	386.4358	8.844643	31.6	0.000493	35880.905
1900	3000	1897	1363	205	12.32	75	0.9843	2716.68	2.717	829000	0.00002	0.0208333	795.84	292.9454	13.68243	31.61667	0.000493	55506.8284
1900	4000	1904	1365	207	14.42	54	0.9822	3217.90	3.218	829000	0.00002	0.015	1105.33	343.4949	16.14721	31.73333	0.000493	65505.9356
2000	0	1997	1444	191	0	176	0.9906	0.00	0.000	829000	0.00002	0.0488889	339.14	-	0	33.28333	0.000493	0
2000	1000	2001	1440	207	4.08	115	0.9859	907.02	0.907	829000	0.00002	0.0319444	519.03	572.2306	4.330745	33.35	0.000493	17568.9463
2000	2000	1997	1437	215	8.39	88	0.9858	1937.42	1.937	829000	0.00002	0.0244444	678.27	350.0899	9.269115	33.28333	0.000493	37602.9011
2000	3000	2005	1438	220	12.82	58	0.9826	3039.27	3.039	829000	0.00002	0.0161111	1029.10	338.6022	14.4826	33.41667	0.000493	58753.9286
2000	4000	1997	1431	219	14.91	48	0.9817	3521.79	3.522	829000	0.00002	0.0133333	1243.50	353.0877	16.8491	33.28333	0.000493	68353.3531
2100	0	2103	1517	208	0	168	0.9883	0.00	0.000	829000	0.00002	0.0466667	355.29	-	0	35.05	0.000493	0
2100	1000	2105	1517	223	4.24	110	0.9873	1014.01	1.014	829000	0.00002	0.0305556	542.62	535.1236	4.602351	35.08333	0.000493	18670.7962
2100	2000	2098	1514	230	8.7	80	0.9886	2143.04	2.143	829000	0.00002	0.0222222	746.10	348.1507	9.759236	34.96667	0.000493	39591.2226
2100	3000	2096	1501	232	13.23	54	0.9811	3312.54	3.313	829000	0.00002	0.015	1105.33	333.6813	15.09947	34.93333	0.000493	61253.4644
2100	4000	2095	1500	232	15.39	38	0.9809	3854.09	3.854	829000	0.00002	0.0105556	1570.74	407.5501	17.5764	34.91667	0.000493	71303.8607
2200	0	2196	1586	224	0	132	0.9894	0.00	0.000	829000	0.00002	0.0366667	452.18	-	0	36.6	0.000493	0
2200	1000	2200	1587	238	4.4	103	0.9883	1121.96	1.122	829000	0.00002	0.0286111	579.50	516.5013	4.872449	36.66667	0.000493	19766.5287
2200	2000	2197	1585	245	9.04	76	0.9884	2372.68	2.373	829000	0.00002	0.0211111	785.37	331.0054	10.3181	36.61667	0.000493	41853.4312
2200	3000	2195	1572	246	13.66	50	0.9812	3626.36	3.626	829000	0.00002	0.0138889	1193.76	329.1897	15.78439	36.58333	0.000493	64034.0491
2200	4000	2199	1575	247	15.97	34	0.9812	4256.47	4.256	829000	0.00002	0.0094444	1755.53	412.4379	18.49336	36.65	0.000493	75023.7919

Tabel Perhitungan Performa Bahan Bakar P5 + 65°C

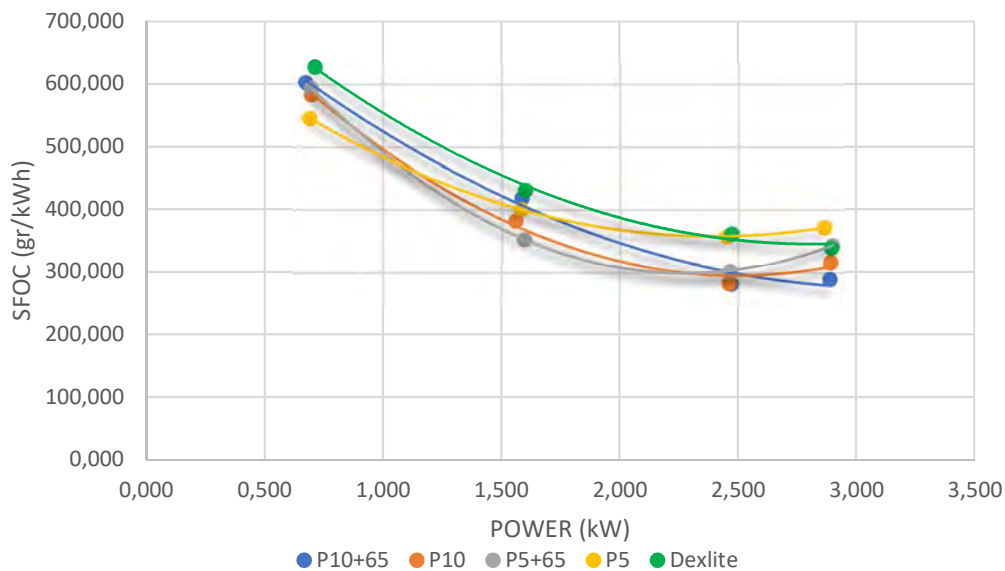
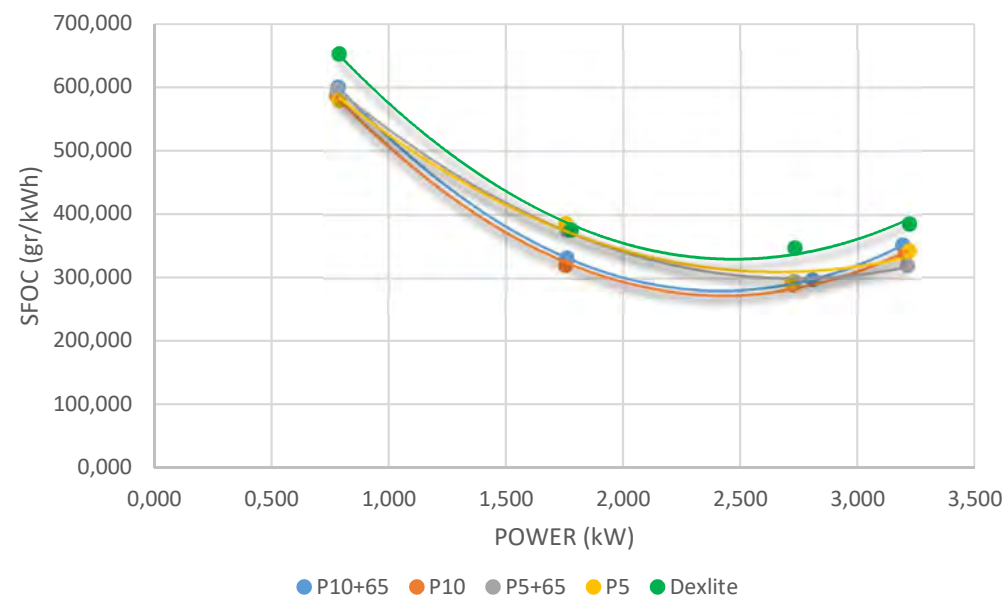
RPM	Beban	RPM Engine	RPM Generator	V	I	t (s)	Eff Slip	Power (Watt)	Power (kW)	p BB (gr/m ³)	Vol BB (m ³)	t (h)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kWh)	Torsi (Nm)	Rps	Vol R Bakar (m ³)	BMEP (N/m ²)
1800	0	1799	1301	138	0	194	0.9908	0.000	0.000	829000	0.00002	0.0538889	307,6701	-	0.00	29,98333	0.000493	0
1800	1000	1805	1301	172	3.78	144	0.9875	697,145	0.697	829000	0.00002	0.04	414.5	594,5678	3.69	30,08333	0.000493	14969.96
1800	2000	1801	1296	188	7.91	106	0.9859	1597,151	1.597	829000	0.00002	0.0294444	563,0943	352,5617	8.47	30,01667	0.000493	34372.18
1800	3000	1798	1290	191	11.98	80	0.9829	2464,865	2.465	829000	0.00002	0.0222222	746.1	302,694	13.10	29,96667	0.000493	53134.69
1800	4000	1800	1292	192	14.01	60	0.9834	2896,359	2.896	829000	0.00002	0.0166667	994.8	343,4657	15.37	30	0.000493	62366.96
1900	0	1901	1372	162	0	172	0.9888	0.000	0.000	829000	0.00002	0.0477778	347,0233	-	0.00	31,68333	0.000493	0
1900	1000	1903	1372	188	3.88	128	0.9877	781,947	0.782	829000	0.00002	0.0355556	466,3125	596,348	3.93	31,71667	0.000493	15926.24
1900	2000	1902	1369	202	8.12	90	0.9861	1761,236	1.761	829000	0.00002	0.025	663.2	376,5538	8.85	31.7	0.000493	35890.68
1900	3000	1895	1360	205	12.36	74	0.9832	2728,636	2.729	829000	0.00002	0.0205556	806,5946	295,6036	13.76	31,58333	0.000493	55809.88
1900	4000	1904	1363	206	14.44	58	0.9807	3211,504	3.212	829000	0.00002	0.0161111	1029,103	320,4428	16.12	31,73333	0.000493	65375.69
2000	0	1996	1442	185	0	162	0.9897	0.000	0.000	829000	0.00002	0.045	368,4444	-	0.00	32,26667	0.000493	0
2000	1000	2001	1444	205	4.16	112	0.9886	913,335	0.913	829000	0.00002	0.0311111	532,9286	583,4974	4.36	33.35	0.000493	17691.22
2000	2000	1996	1437	214	8.5	82	0.9863	1952,718	1.953	829000	0.00002	0.0227778	727,9024	372,7638	9.35	33,26667	0.000493	37918.72
2000	3000	2002	1441	219	12.95	56	0.9861	3045,208	3.045	829000	0.00002	0.0155556	1065,857	350,0113	14.53	33,36667	0.000493	58955.94
2000	4000	2003	1431	219	15.05	48	0.9788	3565,537	3.566	829000	0.00002	0.0133333	1243.5	348,7553	17.01	33,38333	0.000493	68995.17
2100	0	2095	1513	206	0	150	0.9894	0.000	0.000	829000	0.00002	0.0416667	397.92	-	0.00	34,91667	0.000493	0
2100	1000	2097	1512	222	4.33	106	0.9878	1030,364	1.030	829000	0.00002	0.0294444	563,0943	546,5006	4.69	34.95	0.000493	19044.38
2100	2000	2101	1510	229	8.83	78	0.9846	2174,444	2.174	829000	0.00002	0.0216667	765,2308	351,9201	9.89	35,01667	0.000493	40114.09
2100	3000	2097	1502	233	13.26	46	0.9813	3333,734	3.334	829000	0.00002	0.0127778	1797,565	389,2228	15.19	34.95	0.000493	61617.95
2100	4000	2099	1504	232	15.42	40	0.9816	3858,691	3.859	829000	0.00002	0.0111111	1492.2	386,7115	17.56	34,98333	0.000493	71252.85
2200	0	2195	1587	226	0	144	0.9905	0.000	0.000	829000	0.00002	0.04	414.5	-	0.00	36,58333	0.000493	0
2200	1000	2195	1582	236	4.39	102	0.9874	1110,983	1.111	829000	0.00002	0.0283333	585,1765	526,7193	4.84	36,58333	0.000493	19617.68
2200	2000	2200	1577	243	8.99	73	0.9820	2355,375	2.355	829000	0.00002	0.0202778	817,6438	347,1396	10.23	36,66667	0.000493	41496.55
2200	3000	2201	1577	248	13.7	48	0.9816	3664,913	3.665	829000	0.00002	0.0133333	1243.5	339,2987	15.91	36,68333	0.000493	64538.41
2200	4000	2195	1564	247	15.97	38	0.9762	4278,610	4.279	829000	0.00002	0.0105556	1570,737	367,1138	18.62	36,58333	0.000493	75551.45

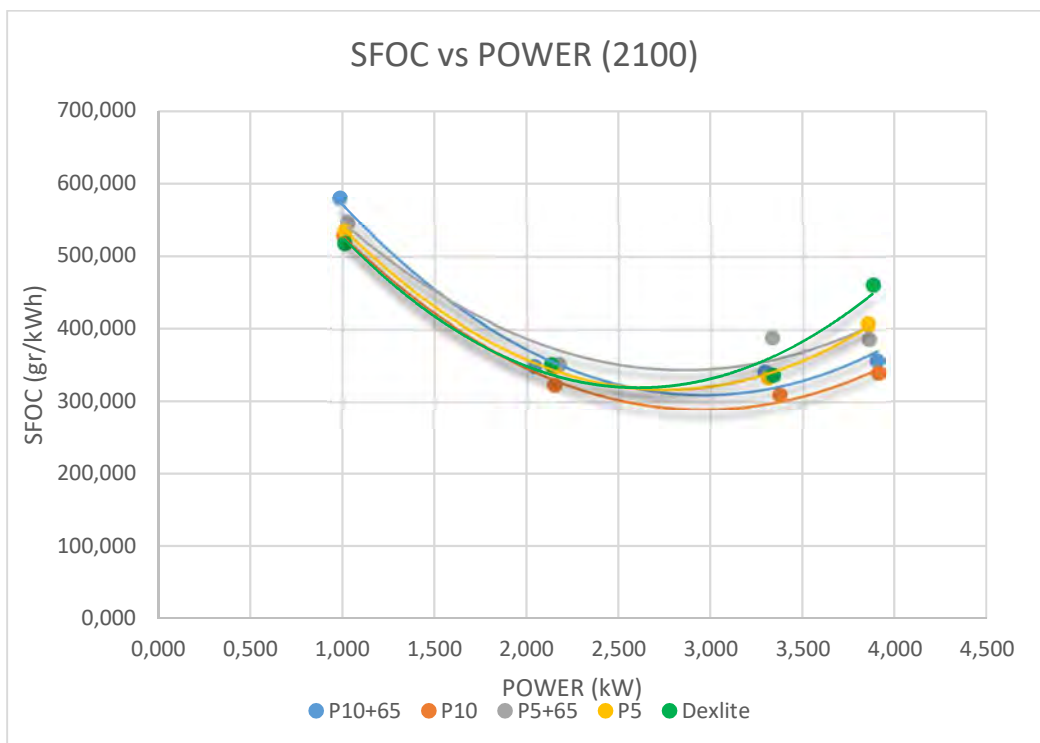
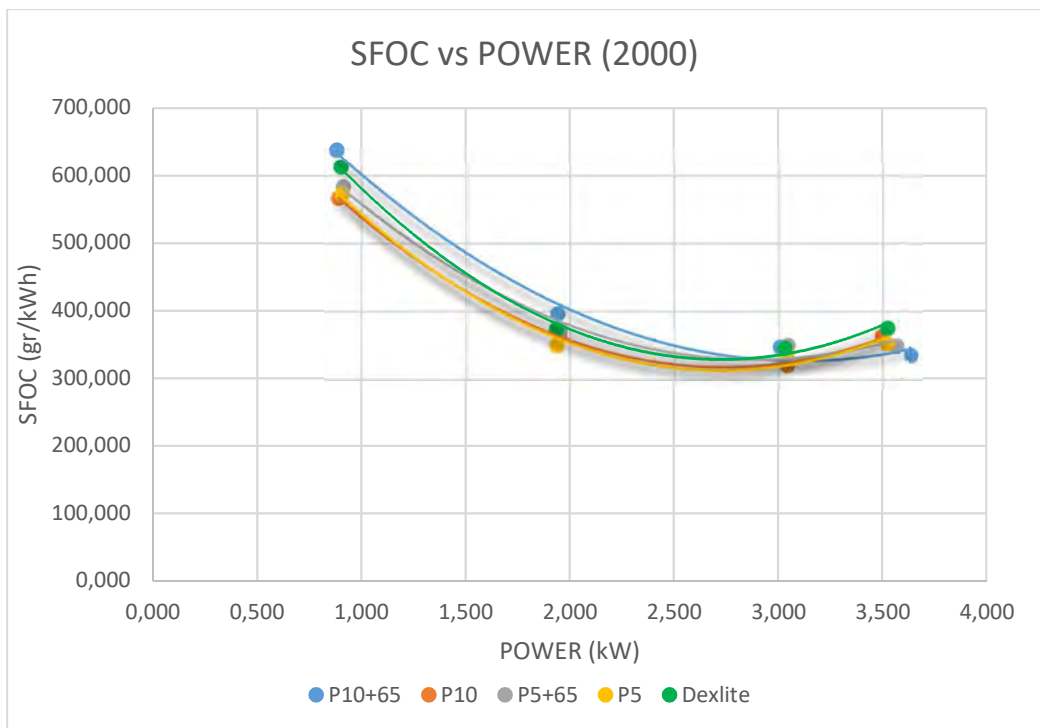
Tabel Perhitungan Performa Bahan Bakar P10

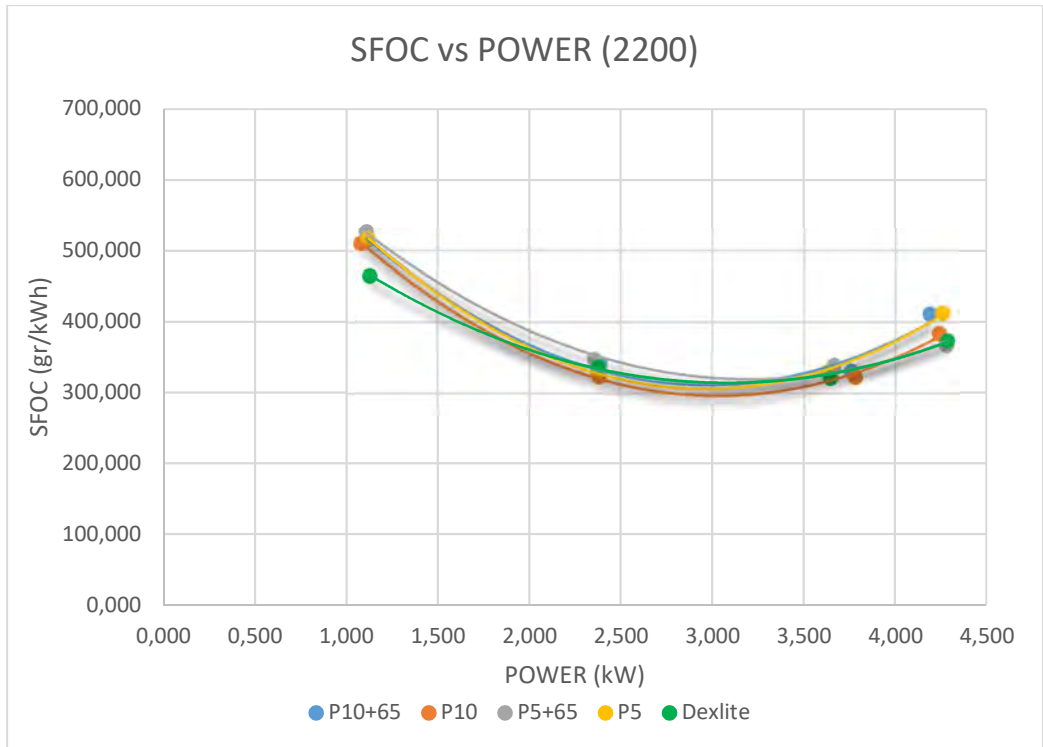
RPM	Beban	RPM Engine	RPM Generator	V	I	t (s)	Eff Slip	Power (Watt)	Power (kW)	p BB (gr/m3)	Vol BB (m3)	t (h)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kWh)	Torsi (Nm)	Rps	Vol R.Bakar (m3)	BMEP (N/m2)
1800	0	1800	1299	91	0	190	0.9887	0.00	0.000	813000	0.00002	0.0527778	308,0842	-	0	30	0.000493	0
1800	1000	1799	1300	175	3.72	144	0.9900	696,26	0.696	813000	0.00002	0.04	406.5	583.8331	3,697705	29,98333	0.000493	15000.83
1800	2000	1800	1297	187	7.78	98	0.9872	1560,47	1.560	813000	0.00002	0.0272222	597.3061	382,772	8,282775	30	0.000493	33601.52
1800	3000	1801	1292	192	11.9	84	0.9828	2461,51	2.462	813000	0.00002	0.0233333	696.8571	283,101	13,05811	30,01667	0.000493	52974.07
1800	4000	1803	1293	193	13.89	64	0.9825	2889,08	2.889	813000	0.00002	0.0177778	914.625	316,5799	15,30931	30,05	0.000493	62106.74
1900	0	1897	1373	164	0	175	0.9916	0.00	0.000	813000	0.00002	0.0486111	334,4914	-	0	31,61667	0.000493	0
1900	1000	1898	1371	188	3.87	128	0.9896	778,45	0.778	813000	0.00002	0.0355556	457.3125	587,4657	3,918555	31,63333	0.000493	15896.78
1900	2000	1900	1370	202	8.1	104	0.9878	1753,77	1.754	813000	0.00002	0.0288889	562.8462	320,9351	8,818819	31,66667	0.000493	35776.14
1900	3000	1896	1361	205	12.34	74	0.9834	2723,66	2.724	813000	0.00002	0.0205556	791,027	290,4284	13,72478	31,6	0.000493	55678.64
1900	4000	1902	1362	206	14.4	54	0.9810	3201,59	3.202	813000	0.00002	0.015	1084	338,5814	16,08227	31,7	0.000493	65242,46
2000	0	2003	1449	188	0	148	0.9911	0.00	0.000	813000	0.00002	0.0411111	395.5135	-	0	33,38333	0.000493	0
2000	1000	2002	1446	205	4.06	116	0.9895	890,59	0.891	813000	0.00002	0.0322222	504.6207	566,6128	4,250169	33,36667	0.000493	17242,07
2000	2000	2004	1450	217	8.41	82	0.9913	1949,34	1.949	813000	0.00002	0.0227778	713.8537	366,202	9,293565	33,4	0.000493	37702,09
2000	3000	2005	1408	218	12.68	60	0.9621	3042,22	3.042	813000	0.00002	0.0166667	975.6	320,687	14,49665	33,41667	0.000493	58809,95
2000	4000	2005	1448	218	14.99	46	0.9894	3497,09	3.497	813000	0.00002	0.0127778	1272.52	363,8801	16,66419	33,41667	0.000493	67609,2
2100	0	2095	1509	198	0	148	0.9868	0.00	0.000	813000	0.00002	0.0411111	395.5135	-	0	34,91667	0.000493	0
2100	1000	2099	1530	224	4.24	110	0.9986	1007,02	1.007	813000	0.00002	0.0305556	532.1455	528,4361	4,583709	34,98333	0.000493	18595,17
2100	2000	2104	1510	230	8.69	84	0.9832	2152,38	2.152	813000	0.00002	0.0233333	696.8571	323,7609	9,773841	35,06667	0.000493	39550,47
2100	3000	2102	1512	236	13.3	56	0.9855	3372,47	3.372	813000	0.00002	0.0155556	1045,286	309,947	15,32874	35,03333	0.000493	62185,56
2100	4000	2099	1522	236	15.54	44	0.9934	3908,98	3.909	813000	0.00002	0.0122222	1330,364	340,3349	17,79275	34,98333	0.000493	72181,53
2200	0	2197	1586	222	0	154	0.9890	0.00	0.000	813000	0.00002	0.0427778	380,1039	-	0	36,61667	0.000493	0
2200	1000	2099	1587	237	4.47	106	1.0358	1082,92	1.083	813000	0.00002	0.0294444	552.2264	509,9463	4,929167	34,98333	0.000493	19996,62
2200	2000	2202	1585	244	9.09	76	0.9861	2381,47	2.381	813000	0.00002	0.0211111	770,2105	323,4184	10,33282	36,7	0.000493	41918,15
2200	3000	2198	1560	250	13.89	48	0.9723	3781,36	3.781	813000	0.00002	0.0133333	1219.5	322,5028	16,43661	36,63333	0.000493	66679,96
2200	4000	2198	1555	243	15.97	36	0.9692	4239,47	4.239	813000	0.00002	0.01	1626	383,5386	18,42788	36,63333	0.000493	74756,14

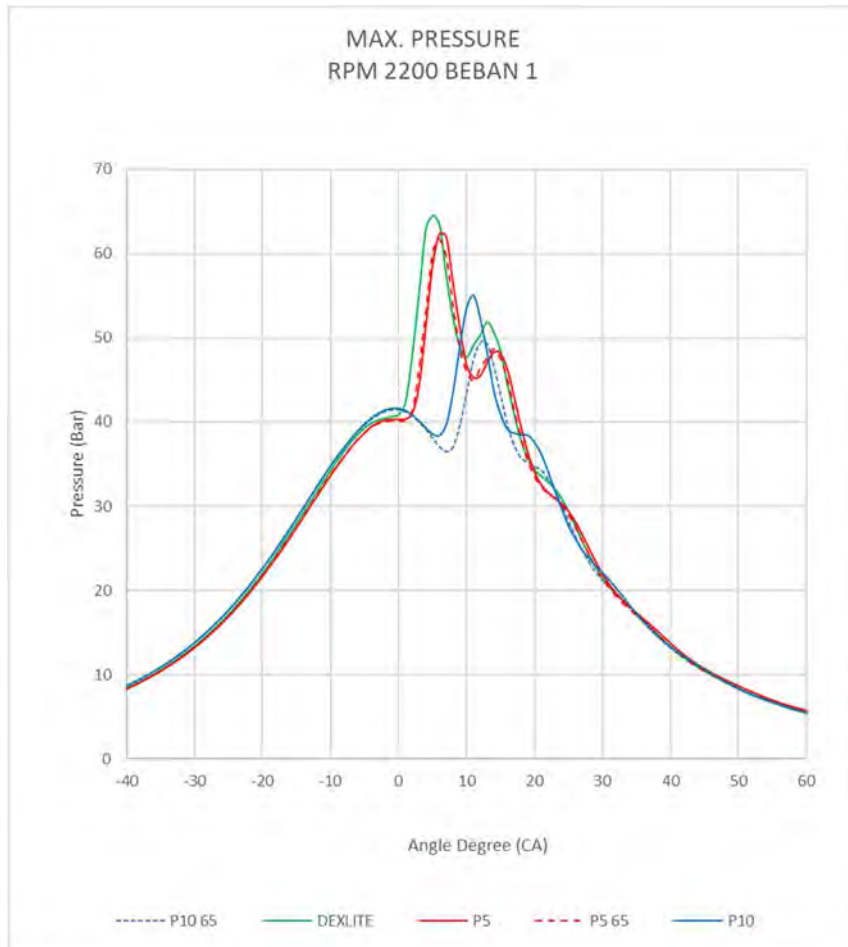
Tabel Perhitungan Performa Bahan Bakar P10 + 65°C

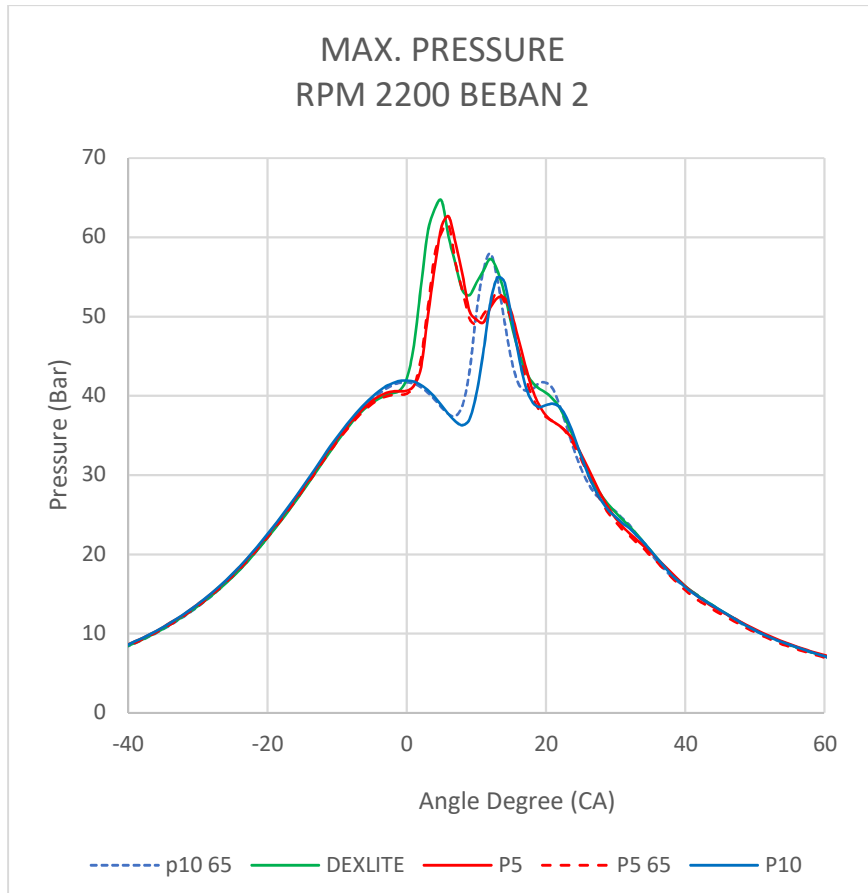
RPM	Beban	RPM Engine	RPM Generator	V	I	t (s)	Eff Slip	Power (Watt)	Power (kW)	ρ BB (gr/m3)	Vol BB (m3)	Vol BB	t (h)	FCR (gr/h)	SFOC (gr/kWh)	Torsi (Nm)	Rps	Vol R Bakar (m3)	BMEP (N/m2)
1800	0	1796	1296	131	0	186	0.9886	0	0.000	813000	0.00002	0.0516667	0.00002	314,7097	-	0.00	29.93333	0.000493	0
1800	1000	1805	1306	171	3.69	144	0.9913	674.00	0.674	813000	0.00002	0.04	0.04	406.5	603.1162	3.57	30.08333	0.000493	14472.95
1800	2000	1804	1292	188	7.82	88	0.9812	1586.51	1.587	813000	0.00002	0.0244444	0.0244444	665.1818	419.2748	8.40	30.06667	0.000493	34086.29
1800	3000	1801	1291	192	11.93	84	0.9820	2469.63	2.470	813000	0.00002	0.0233333	0.0233333	696.8571	282.1705	13.10	30.01667	0.000493	53148.76
1800	4000	1801	1287	192	13.9	70	0.9790	2886.38	2.886	813000	0.00002	0.0194444	0.0194444	836.2286	289.7149	15.31	30.01667	0.000493	62117.67
1900	0	1899	1368	155	0	172	0.9869	0.00	0.000	813000	0.00002	0.0477778	0.0477778	340.3256	-	0.00	31.65	0.000493	0
1900	1000	1900	1382	189	3.91	124	0.9965	785.21	0.785	813000	0.00002	0.0344444	0.0344444	472.0645	601.1934	3.95	31.66667	0.000493	16018
1900	2000	1900	1367	202	8.11	100	0.9857	1759.79	1.760	813000	0.00002	0.0277778	0.0277778	585.36	332.631	8.85	31.66667	0.000493	35898.92
1900	3000	1900	1369	208	12.58	70	0.9871	2806.71	2.807	813000	0.00002	0.0194444	0.0194444	836.2286	297.9393	14.11	31.66667	0.000493	57255.63
1900	4000	1900	1352	204	14.4	52	0.9749	3190.60	3.191	813000	0.00002	0.0144444	0.0144444	1125.692	352.8151	16.04	31.66667	0.000493	65086.91
2000	0	1996	1442	179	0	140	0.9897	0.00	0.000	813000	0.00002	0.0388889	0.0388889	418.1143	-	0.00	33.26667	0.000493	0
2000	1000	2003	1442	203	4.05	104	0.9863	882.61	0.883	813000	0.00002	0.0288889	0.0288889	562.8462	637.7052	4.21	33.38333	0.000493	17079.04
2000	2000	2002	1444	215	8.43	76	0.9882	1942.07	1.942	813000	0.00002	0.0211111	0.0211111	770.2105	396.5916	9.27	33.36667	0.000493	37599.02
2000	3000	2002	1440	219	12.78	56	0.9854	3007.32	3.007	813000	0.00002	0.0155556	0.0155556	1045.286	347.5805	14.35	33.36667	0.000493	58222.41
2000	4000	1996	1437	224	15.12	48	0.9863	3635.86	3.636	813000	0.00002	0.0133333	0.0133333	1219.5	335.4094	17.40	33.26667	0.000493	70602.61
2100	0	2101	1513	201	0	136	0.9866	0.00	0.000	813000	0.00002	0.0377778	0.0377778	430.4118	-	0.00	35.01667	0.000493	0
2100	1000	2100	1510	218	4.22	102	0.9851	988.81	0.989	813000	0.00002	0.0283333	0.0283333	573.8824	580.3748	4.50	35	0.000493	18250.29
2100	2000	2103	1513	222	8.57	82	0.9856	2043.79	2.044	813000	0.00002	0.0227778	0.0227778	713.8537	349.2786	9.29	35.05	0.000493	37668
2100	3000	2105	1514	232	13.21	52	0.9854	3793.21	3.793	813000	0.00002	0.0144444	0.0144444	1125.692	341.8217	14.95	35.08333	0.000493	60637.69
2100	4000	2103	1512	233	15.58	42	0.9850	3902.24	3.902	813000	0.00002	0.0116667	0.0116667	1393.714	357.1576	17.73	35.05	0.000493	71919.93
2200	0	2201	1580	215	0	150	0.9835	0.00	0.000	813000	0.00002	0.0416667	0.0416667	390.24	-	0.00	36.68333	0.000493	0
2200	1000	2203	1588	237	4.39	102	0.9875	1115.53	1.116	813000	0.00002	0.0283333	0.0283333	573.8824	514.4498	4.84	36.71667	0.000493	19626.37
2200	2000	2198	1605	248	9.09	72	1.0004	2386.00	2.386	813000	0.00002	0.02	0.02	813	340.737	10.37	36.63333	0.000493	42074.43
2200	3000	2204	1576	251	13.86	47	0.9796	3760.06	3.760	813000	0.00002	0.030556	0.030556	1245.447	331.2301	16.30	36.73333	0.000493	66123.9
2200	4000	2196	1568	244	15.86	34	0.9782	4188.73	4.189	813000	0.00002	0.0094444	0.0094444	1721.647	411.0189	18.22	36.6	0.000493	73930.67

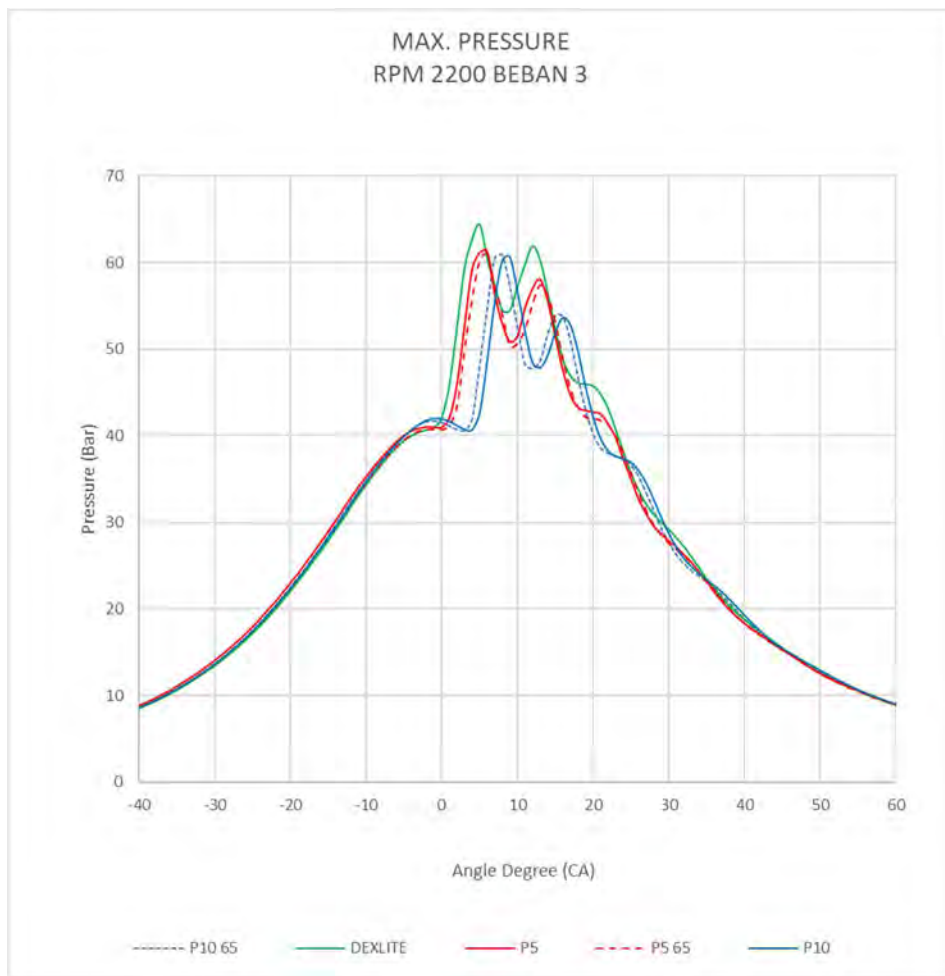
Lampiran III : Grafik SFOC**SFOC vs POWER (1800)****SFOC vs POWER (1900)**

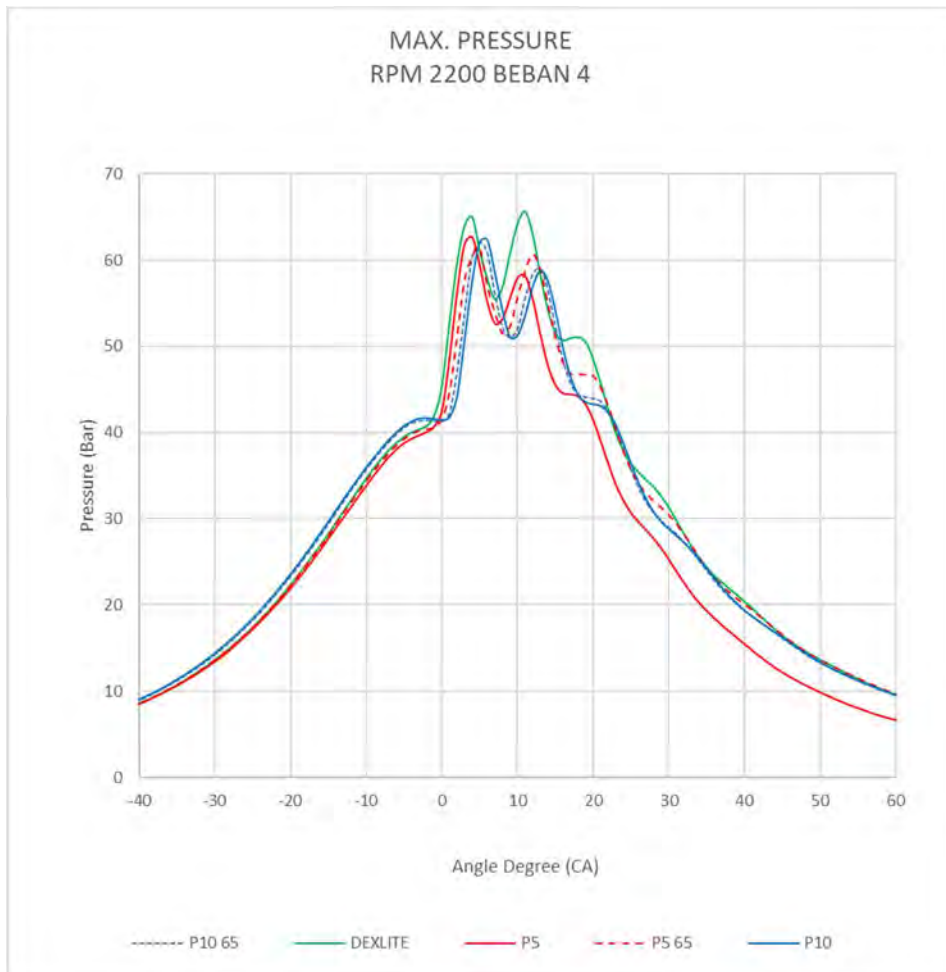


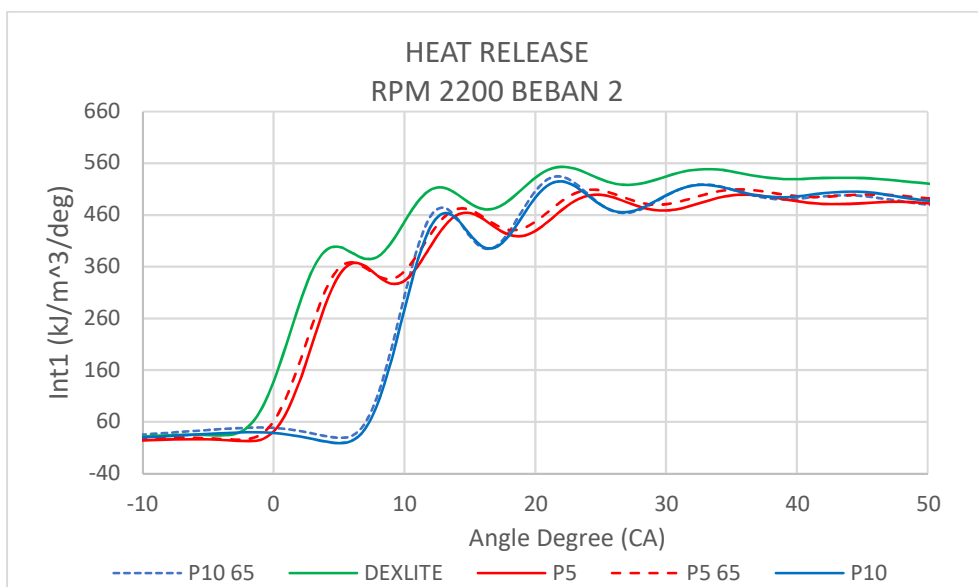
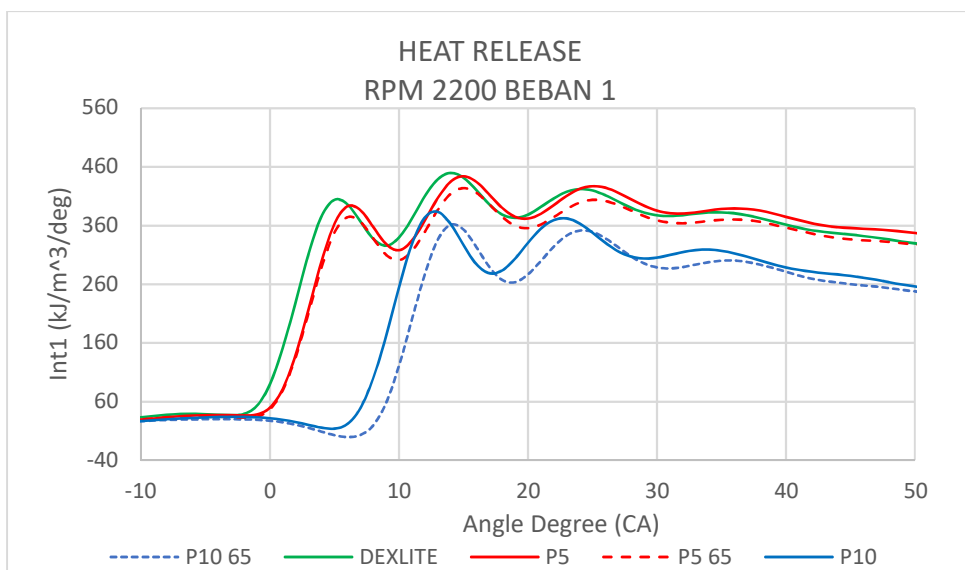


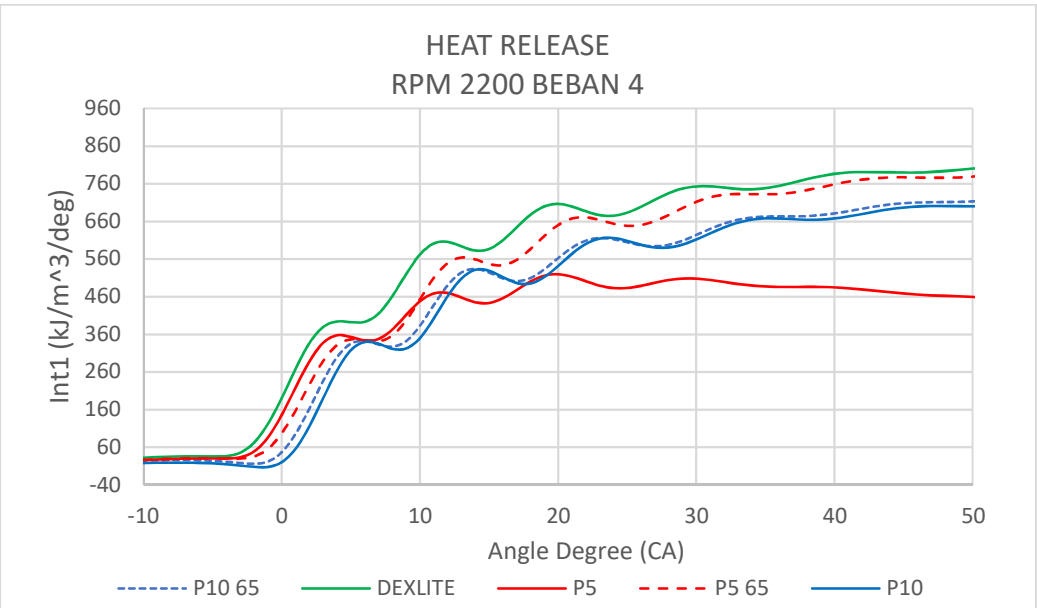
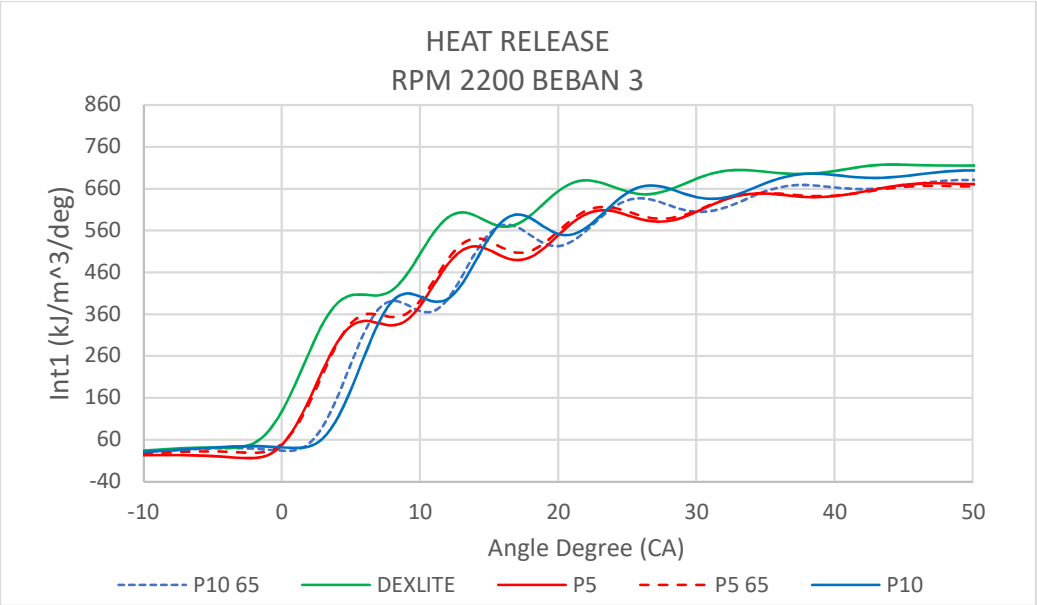
Lampiran IV : Grafik Combsution Pressure



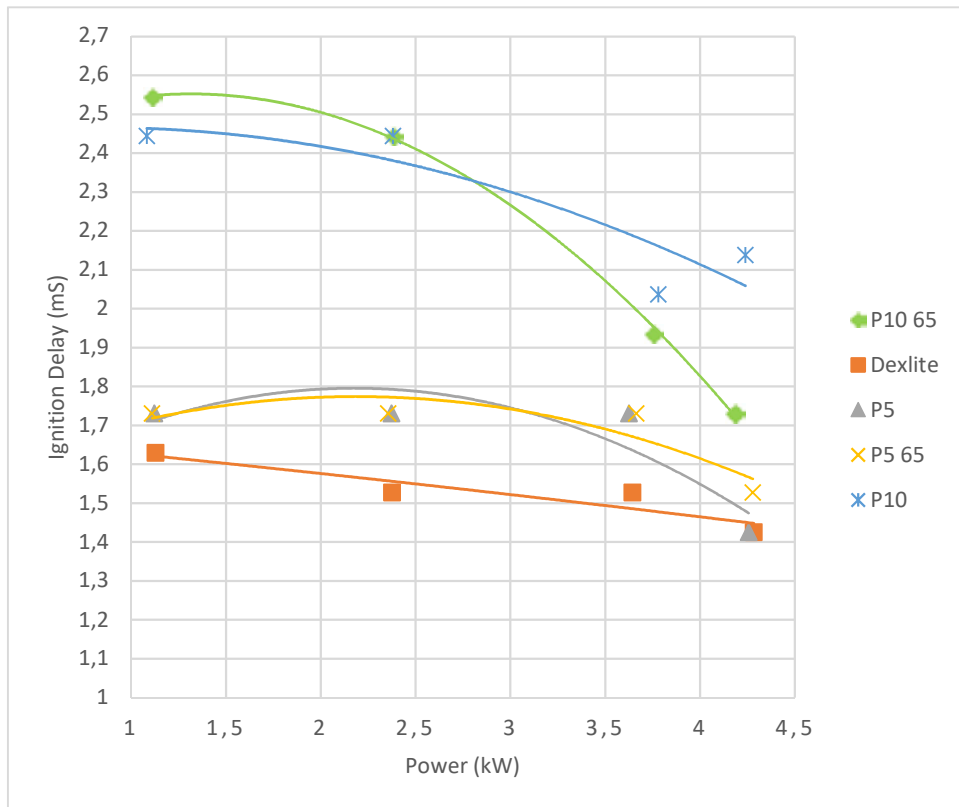




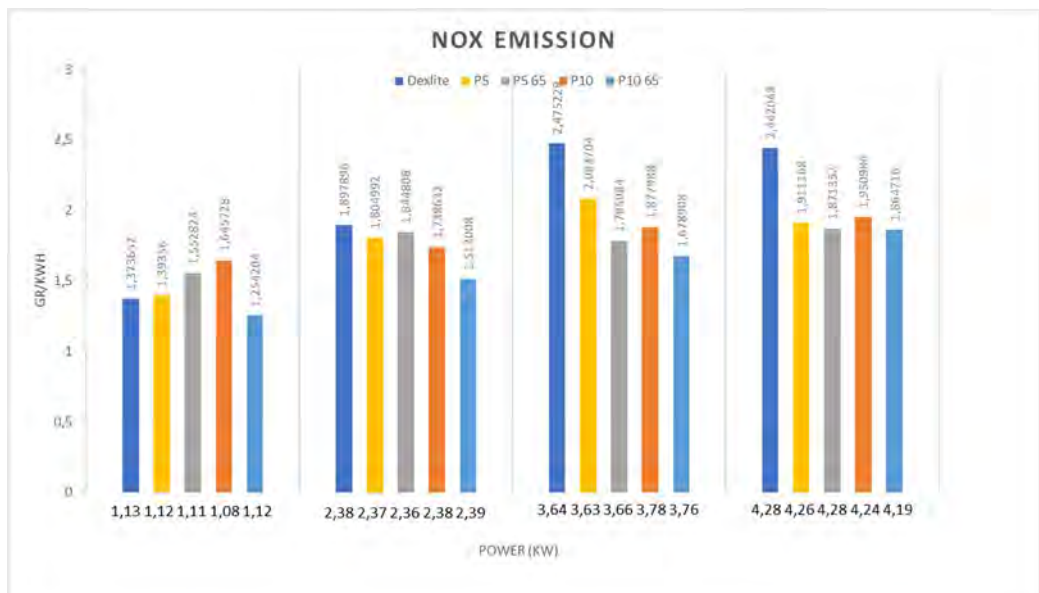
Lampiran V : Grafik Heat Release

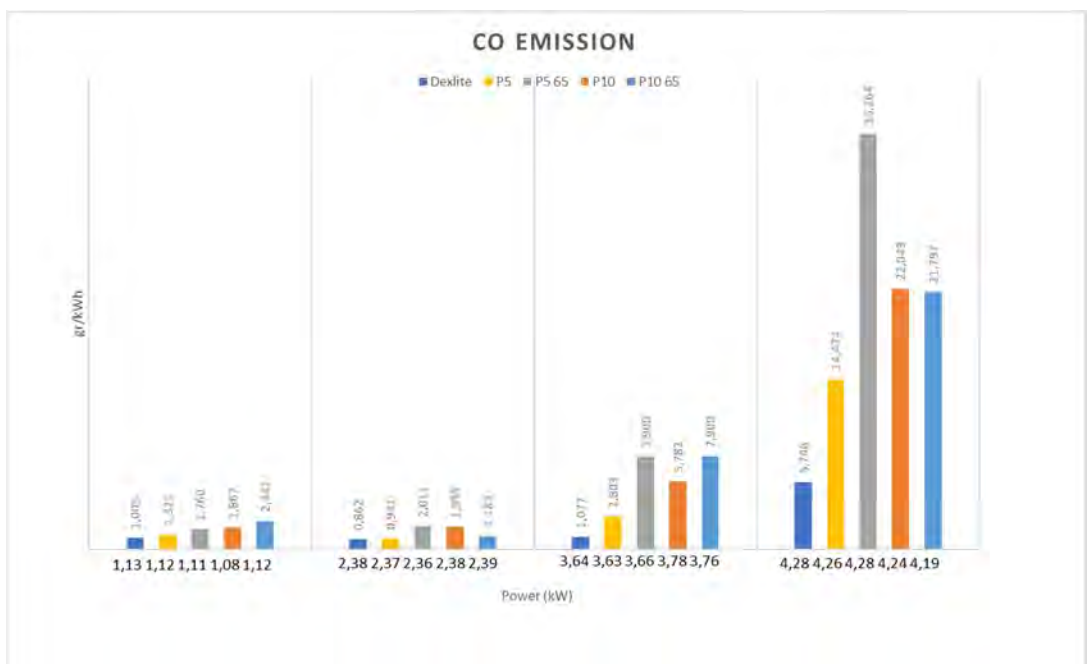
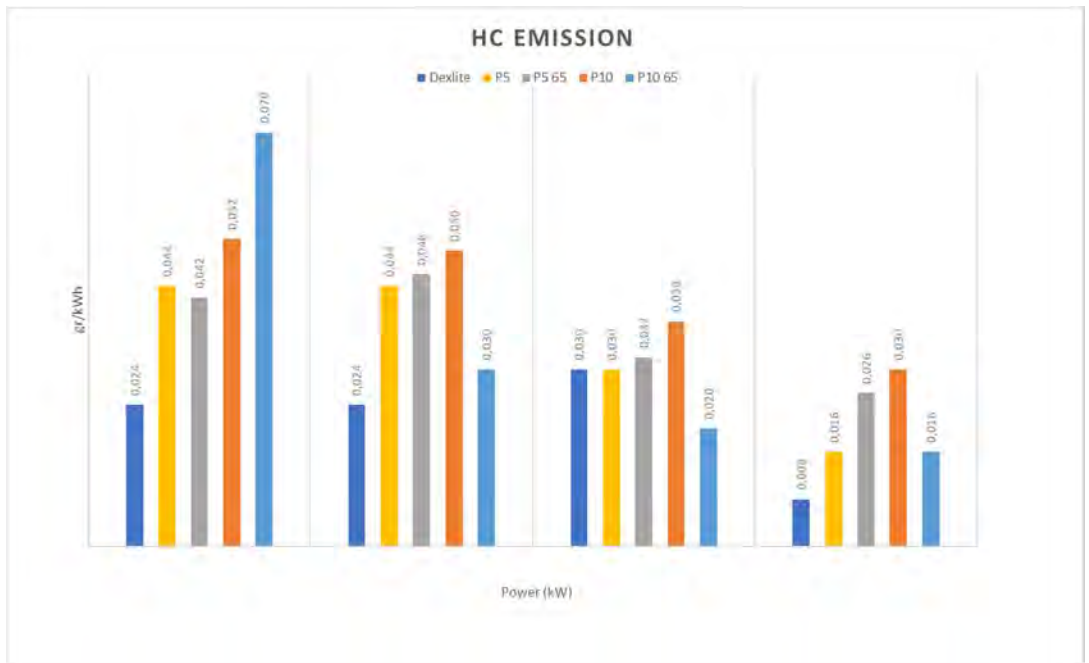


Lampiran VI : Grafik Ignition Delay



Lampiran VII : Grafik Emisi





Lampiran VIII : Hasil Uji Emisi



**PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
UNIT PELAKSANA TEKNIS KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
(UPT K3)**

Jl. Dukuh Menanggal 122 Telepon 8280440, 8294490, Fax. 8294277 Surabaya 60234
Email : uptk3sby@gmail.com; admin@k3.disnakertrans.jatimprov.go.id
Website : www.k3.disnakertrans.jatimprov.go.id



LHU ini merupakan hasil pada lokasi dan saat pengukuran
LAPORAN HASIL PENGUJIAN
No. PT. 46 / VI / 2018

- I Nama Pengguna Jasa : PRAVENSIA DASTIOAJI
(Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan – ITS)
II Alamat : Sukolilo – Surabaya
III Jenis Pengukuran : Emisi Gas Buang Genset
IV Tanggal Pengukuran : 26 Juni 2018
V Alat yang Digunakan : Gas Analyzer Merk Star Gas 898 dan E-COM
VI Hasil Pengukuran :

Bahan Bakar	RPM	Beban	Jam (WIB)	Hasil Pengukuran		
				NO _x (ppm)	CO (%)	HC (ppm)
Dexlite	2200	1000	13.14	207	0,028	12
		2000	13.16	286	0,024	12
		3000	13.18	373	0,030	15
		4000	13.20	368	0,160	4
P5 Ambient (Dexlite + Pertamax 5%)	2200	1000	13.54	210	0,066	22
		2000	13.55	272	0,047	22
		3000	13.57	314	0,140	15
		4000	13.59	288	0,723	8
P5 65 °C (Dexlite + Pertamax 5%)	2200	1000	14.07	234	0,049	21
		2000	14.10	278	0,056	23
		3000	14.12	269	0,220	16
		4000	14.14	282	0,982	13
P10 Ambient (Dexlite + Pertamax 10%)	2200	1000	14.20	248	0,052	26
		2000	14.22	262	0,054	25
		3000	14.23	283	0,161	19
		4000	14.25	294	0,614	15



Mengetahui,
KEPALA UPT K3 SURABAYA

Dra. RUTH WINARNI, MM.
NIP. 19611110 198603 2 017

Surabaya, 02 Juli 2018
MANAJER TEKNIK

S L A M E T, SKM.

NIP. 19630111 198803 1 012



**PEMERINTAH PROVINSI JAWA TIMUR
DINAS TENAGA KERJA DAN TRANSMIGRASI
UNIT PELAKSANA TEKNIS KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA
(UPT K3)**

Jl. Dukuh Menanggal 122 Telepon 8280440, 8294490, Fax. 8294277 Surabaya 60234
Email : uptk3sby@gmail.com; admin@k3.disnakertrans.jatimprov.go.id
Website : www.k3.disnakertrans.jatimprov.go.id



LHU ini merupakan hasil pada lokasi dan saat pengukuran

LAPORAN HASIL PENGUJIAN

No. PT. 46 / VI / 2018

- I Nama Pengguna Jasa : PRAVENSIA DASTIOAJI
(Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan – ITS)
II Alamat : Sukolilo – Surabaya
III Jenis Pengukuran : Emisi Gas Buang Genset
IV Tanggal Pengukuran : 26 Juni 2018
V Alat yang Digunakan : Gas Analyzer Merk Star Gas 898 dan E-COM
VI Hasil Pengukuran :

Bahan Bakar	RPM	Beban	Jam (WIB)	Hasil Pengukuran		
				NO _x (ppm)	CO (%)	HC (ppm)
P10 65 °C (Dexlite + Pertamax 10%)	2200	1000	14.29	189	0,068	35
		2000	14.53	228	0,033	15
		3000	14.55	253	0,220	10
		4000	14.57	281	0,607	8
P15 Ambient (Dexlite + Pertamax 15%)	2200	1000	15.03	140	0,036	17
		2000	15.05	224	0,039	23
P15 65 °C (Dexlite + Pertamax 15%)	2200	1000	15.10	147	0,037	25
		2000	15.12	197	0,032	23

Mengetahui,
KEPALA UPT K3 SURABAYA

Dra. RIRIH WINARNI, MM.
NIP. 19611110 198603 2 017

Surabaya, 02 Juli 2018

MANAJER TEKNIK

S. LAMET, SKM.
NIP. 19630111 198803 1 012

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Jakarta, 04 November 1995, merupakan anak ke 3 dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di beberapa sekolah diantaranya SDIT Al-Fikri Depok, SMPN 3 Depok, dan SMAN 1 Depok dan melanjutkan ke jenjang Strata 1 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan ITS pada tahun 2014 melalui jalur SBMPTN. Penulis terdaftar dengan NRP 0042 1144 000 0077. Penulis mengambil konsentrasi bidang studi *Marine Power Plant* (MPP). Selama berada di bangku perkuliahan, penulis aktif mengikuti beberapa

Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) yang bergerak dalam bidang energi terbarukan yaitu ITS Marine Solarboat divisi *electrical*. Selain organisasi dalam kampus, penulis juga aktif diluar kampus sebagai *ECU-Tuner* pada kendaraan roda 2. Selama semester akhir, penulis banyak menghabiskan waktu untuk menyelesaikan Tugas Akhir di Laboratorium *Marine Power Plant* (MPP) dan Getaran Mesin.